

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES
XIII PROMOCIÓN**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL
DESPLIEGUE DE SERVICIOS VoLTE NATIVO SOBRE UNA
RED BASADA EN ARQUITECTURA IMS, CASO CNT EP**

**TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE MASTER EN REDES DE COMUNICACIONES**

AUTOR: MORALES AVILA JUAN PAULO

DIRECTOR: ING. CHAFLA ALTAMIRANO GUSTAVO XAVIER Ph.D

QUITO, AGOSTO DE 2015

Declaración

Yo, JUAN PAULO MORALES AVILA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Juan Paulo Morales Avila

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Paulo Morales Avila bajo mi supervisión.

Ing. Gustavo Xavier Chafila Altamirano Ph.D
Director del Proyecto

Dedicatoria

Quiero dedicar este Proyecto de Tesis, al único, al eterno y al verdadero Dios, al Dios de toda misericordia, al gran Yo Soy; pues todo lo que tengo, todo lo que he podido conseguir, todo cuanto soy y seré, ha sido hecho por su infinita misericordia y fidelidad. Todo lo dedico al Rey del cielo y la tierra, porque todas sus obras son verdaderas y, sus caminos justos; y él puede humillar a los que andan con soberbia.

Dedico este Proyecto de Tesis, a mi papá Hernán Morales y a mi mamá Esther Avila, quienes han sido por siempre un ejemplo de lucha verdadera, dedicación y fortaleza. Quienes han sido un ejemplo para mi vida y para la vida de las generación que vendrán. Los amó con todo mi corazón.

Dedico este Proyecto de Tesis, a mi esposa Silvia y a mis hijos Gadiel, Anahí y al bebé que está por venir. Al igual que Dios, ustedes son mi inspiración y el aliento de mi vida. Los amó con todo mi corazón.

Juan Paulo Morales Avila

Agradecimiento

Sobre todo cuanto hay en mi vida, agradezco a Dios, porque a través de sus palabras, he podido tener la fuerza y la valentía necesaria para alcanzar la meta. Gracias Señor, porque sé que has estado conmigo en todo cuanto he andado; hasta aquí me has traído y sé que me llevarás mucho más allá.

Quiero agradecer a un hombre muy especial, que a pesar de las dificultades y las adversidades que se le presentaron en su vida, siempre fue feliz. Aquel hombre que siempre miró la vida a través de los ojos de Dios y en cuyo corazón solo pudo habitar su gloria. A Hernán Morales, mi Padre, quien siempre creyó en mí. Papi, lo logramos.

Quiero agradecer a Esther Avila, mi madre; quien con su amor y fortaleza, me ha dado la mayor lección de vida; el hecho de saber que el mejor refugio en medio de las dificultades es y será por siempre Dios. Gracias Mami, por ser un ejemplo de lucha y dedicación para mi vida, por siempre estar a mi lado y por nunca rendirte.

Quiero agradecer, aquella mujer llena de paciencia, de bondad y de amor, a mi esposa Silvia, por darme el apoyo y el ánimo necesario para no rendirme. Agradezco a Gadiel y Anahí, mis hijos, quienes son la fuerza que me impulsa a seguir. Gracias a ustedes por sus oraciones y su gran amor.

Quiero agradecer de todo corazón, al Doctor Gustavo Chafla Altamirano, Director de este Proyecto de Tesis. Gracias Doctor, por su apoyo profesional, sus consejos y dedicación. Gracias por ser un digno ejemplo a seguir.

Finalmente, agradezco a la CNT EP, por el apoyo prestado en la realización de este proyecto de tesis.

Juan Paulo Morales Avila

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| Declaración | i |
| Certificación | ii |
| Dedicatoria | iii |
| <i>Agradecimiento</i> | iv |
| ÍNDICE GENERAL..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | i |
| ÍNDICE DE TABLAS | iii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 6 |
| 1.4 Objetivos | 10 |
| 1.4.1 Objetivo General. | 10 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos. | 10 |
| 1.5 Resumen de contenido de capítulos | 11 |
| CAPÍTULO II | 12 |
| Estado del arte | 12 |
| 2.1. Evolución de la tecnología móvil..... | 12 |
| 2.1.1. Sistemas de primera generación. | 14 |
| 2.1.2. Sistemas de segunda generación. | 15 |
| 2.1.3. Sistemas de tercera generación..... | 17 |
| 2.1.4. Sistemas de cuarta generación..... | 19 |
| 2.1.5. Evolución del mercado móvil..... | 22 |
| 2.1.6. Penetración servicio de voz móvil..... | 23 |
| 2.1.7. Penetración servicio de datos. | 25 |
| 2.1.8. Impacto de la tecnologías de cuarta generación. | 26 |

| | | |
|--------------|---|----|
| 2.2. | Redes móviles de 2G..... | 27 |
| 2.2.1. | Arquitectura General. | 28 |
| 2.2.1.1. | <i>Tipos de Acceso.</i> | 30 |
| 2.2.1.1.1. | <i>TDMA - Acceso múltiple por división de tiempo.</i> | 30 |
| 2.2.1.1.2. | <i>FDMA - Acceso múltiple por división de frecuencia.</i> | 30 |
| 2.2.1.1.3. | <i>CDMA - Acceso múltiple por división de código.</i> | 30 |
| 2.2.1.1.4. | <i>OFDM - Múltiple por división de frecuencias ortogonales.</i> | 30 |
| 2.2.1.1.5. | <i>OFDMA - Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia.</i> | 31 |
| 2.2.2. | Arquitectura de red GSM. | 32 |
| 2.2.2.1. | <i>Elementos Constitutivos.</i> | 33 |
| 2.2.2.1.1. | <i>Estación Móvil (MS).</i> | 33 |
| 2.2.2.1.2. | <i>Subsistema de Estación Base (BSS: Base Station Subsystem).</i> | 33 |
| 2.2.2.1.2.1. | <i>Estación base (BTS: Base Transceiver Station).</i> | 34 |
| 2.2.2.1.2.2. | <i>Controlador de Estaciones Bases (BSC: Base Station Controller).</i> | 34 |
| 2.2.2.1.3. | <i>Núcleo de red (NSS: Network and Switching Subsystem).</i> | 34 |
| 2.2.2.1.3.1. | <i>Centro de Conmutación (MSC: Mobile Switching Center).</i> | 34 |
| 2.2.2.1.3.2. | <i>Puerto de enlace MSC (GMSC: Gateway MSC).</i> | 35 |
| 2.2.2.1.3.3. | <i>Registro General de Abonados (HLR: Home Location Register).</i> | 35 |
| 2.2.2.1.3.4. | <i>Registro de Abonados Visitantes (VLR: Visitor Location Register).</i> | 35 |
| 2.2.2.1.3.5. | <i>Centro de Autenticación (AuC: Authentication Center).</i> | 35 |
| 2.2.2.1.3.6. | <i>Registro de identidad de Equipos (EIR).</i> | 36 |
| 2.2.2.1.3.7. | <i>Centro de servicio de mensajes (SM-SC).</i> | 36 |
| 2.2.3. | Arquitectura de red GPRS..... | 36 |
| 2.2.3.1. | <i>Elementos Incorporados.</i> | 37 |
| 2.2.3.1.1. | <i>PCU: Packet Control Unit.</i> | 37 |
| 2.2.3.1.2. | <i>Nodo de Soporte GPRS de Servicio (SGSN).</i> | 37 |
| 2.2.3.1.3. | <i>Nodo de Soporte del Gateway (GGSN).</i> | 37 |
| 2.2.4. | Arquitectura de red EDGE | 39 |
| 2.2.5. | Terminales de 2G | 39 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.3. | Redes móviles de 3G..... | 40 |
| 2.3.1. | Arquitectura de red UMTS..... | 41 |
| 2.3.2. | Elementos constitutivos..... | 43 |
| 2.3.2.1. | <i>Terminal Móvil (UE: User Equipment).</i> | 43 |
| 2.3.2.2. | <i>Red de Acceso de radio (UTRAN).</i> | 43 |
| 2.3.2.2.1. | <i>Nodo-B.</i> | 43 |
| 2.3.2.2.2. | <i>Controlador de radio de la Red (RNC).</i> | 44 |
| 2.3.2.2.3. | <i>Subsistemas de red de radio (RNS)</i> | 44 |
| 2.3.2.3. | <i>Núcleo de red.</i> | 44 |
| 2.3.3. | Evolución de las redes 3G..... | 44 |
| 2.3.3.1. | <i>HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).</i> | 45 |
| 2.3.3.2. | <i>HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).</i> | 45 |
| 2.3.3.3. | <i>HSPA (High Speed Packet Access).</i> | 46 |
| 2.3.4. | Terminales de 3G. | 46 |
| 2.4. | Redes móviles de 4G..... | 47 |
| 2.4.1. | Introducción al estándar LTE | 48 |
| 2.4.2. | Arquitectura de red LTE..... | 50 |
| 2.4.2.1. | <i>Elementos constitutivos.</i> | 51 |
| 2.4.2.1.1. | <i>Terminal Móvil (UE: User Equipment).</i> | 51 |
| 2.4.2.1.2. | <i>EPS (Evolved Packet System).</i> | 51 |
| 2.4.2.2. | <i>Terminales de 4G.</i> | 56 |
| 2.4.3. | Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica y el mundo..... | 57 |
| 2.5. | Redes IMS | 59 |
| 2.5.1. | Historia de IMS. | 59 |
| 2.5.2. | Principales Características de IMS..... | 60 |
| 2.5.3. | Arquitectura de red IMS..... | 61 |
| 2.5.3.1. | <i>Elementos constitutivos.</i> | 63 |
| 2.5.3.1.1. | <i>Función de Control de Sesión (CSCF).</i> | 63 |
| 2.5.3.1.2. | <i>Servicio de la Función de Control de Sesión (S-CSCF).</i> | 64 |

| | | |
|--|--|----|
| 2.5.3.1.3. | <i>Proxy de la Función de Control de Sesión (P-CSCF).</i> | 64 |
| 2.5.3.1.4. | <i>Interrogación de la Función de Control de Sesión (I-CSCF).</i> | 65 |
| 2.5.3.1.5. | <i>Función de control de la puerta de enlace de medios (MGCF).</i> | 65 |
| 2.5.3.1.6. | <i>Función de Control de Puerta de Enlace (BGCF).</i> | 65 |
| 2.5.3.1.7. | <i>Función de Recursos de Medio (MRF).</i> | 66 |
| 2.5.3.1.8. | <i>Puerta de Señalización (SGW - Signaling Gateway).</i> | 66 |
| 2.5.3.1.9. | <i>Función de decisión de Políticas (PDF).</i> | 66 |
| 2.5.3.1.10. | <i>Home Subscriber Server (HSS).</i> | 67 |
| 2.5.3.1.11. | <i>Función de Localización de Abonados (SLF).</i> | 67 |
| 2.5.3.1.12. | <i>Servidores de aplicación (AS).</i> | 67 |
| 2.5.3.2. | <i>Señalización IMS.</i> | 68 |
| 2.5.3.3. | <i>Convergencia de servicios sobre redes IMS.</i> | 69 |
| 2.5.4. | <i>Voz sobre redes LTE (VoLTE).</i> | 69 |
| 2.5.4.1. | <i>Introducción al Estándar VoLTE.</i> | 70 |
| 2.5.4.2. | <i>Características relevantes de VoLTE.</i> | 71 |
| 2.5.4.3. | <i>La voz HD.</i> | 72 |
| 2.5.5. | <i>Estado actual de VoLTE en Latinoamérica y el mundo.</i> | 74 |
| CAPÍTULO 3 | | 75 |
| ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL DE LA CNT EP | | 75 |
| 3.1. | <i>Introducción</i> | 75 |
| 3.2. | <i>Estructura actual de la Red 3G</i> | 79 |
| 3.2.1. | <i>Elementos de red y características tecnológicas</i> | 80 |
| 3.2.1.1. | <i>Core de Voz.</i> | 81 |
| 3.2.1.1.1. | <i>MSS (MSOFTX 3000).</i> | 83 |
| 3.2.1.1.2. | <i>MGW (UMG 8900).</i> | 85 |
| 3.2.1.1.3. | <i>HLR (HLR 9820).</i> | 85 |
| 3.2.1.1.4. | <i>EIR (UEIR).</i> | 86 |
| 3.2.1.1.5. | <i>STP (SG7000).</i> | 86 |
| 3.2.1.1.6. | <i>Interfaces y Protocolos.</i> | 88 |

| | | |
|--|---|-----|
| 3.2.1.2. | <i>Core de Datos.</i> | 89 |
| 3.2.1.2.1. | <i>SGSN (SGSN9810).</i> | 91 |
| 3.2.1.2.2. | <i>GGSN (GGSN9811).</i> | 91 |
| 3.2.1.2.3. | <i>CG (Charging Gateway - CG9812).</i> | 92 |
| 3.2.1.2.4. | <i>PCC (Policy and Charging Control).</i> | 92 |
| 3.2.1.2.5. | <i>DNS - Domain Name Server.</i> | 93 |
| 3.2.1.2.6. | <i>Interfaces y Protocolos.</i> | 94 |
| 3.2.2. | Servicios de la red 3G. | 94 |
| 3.3. | Estructura actual de la Red 4G | 95 |
| 3.3.1. | Evolución de la red 3G a 4G. | 96 |
| 3.3.2. | Elementos de la red y características tecnológicas | 99 |
| 3.3.2.1. | <i>USN9810.</i> | 99 |
| 3.3.2.2. | <i>UGW9811.</i> | 99 |
| 3.3.2.3. | <i>HSS9860.</i> | 100 |
| 3.3.2.4. | <i>Interfaces.</i> | 100 |
| 3.3.3. | Bandas de operación asignadas | 100 |
| 3.3.4. | Servicios de la red 4G | 101 |
| 3.4. | Estructura de red del acuerdo MVNO | 102 |
| 3.5. | Red global de la CNT EP y convergencia de redes | 103 |
| 3.6. | Procesamiento de llamadas de voz y envío de SMS sobre red LTE | 105 |
| 3.6.1. | CSFB (Circuit-switched fallback). | 105 |
| 3.6.2. | Llamada de voz con CSFB. | 108 |
| 3.6.2.1. | <i>PS Handover y Fast Return.</i> | 110 |
| 3.6.3. | Procesamiento de SMS. | 112 |
| 3.6.4. | Terminales móviles para LTE con CSFB. | 113 |
| 3.7. | Limitaciones de la red LTE y CSFB | 119 |
| CAPÍTULO 4 | | 121 |
| ALTERNATIVA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGAN DE VoLTE NATIVO | | 121 |
| 4.1. | Evolución a la arquitectura IMS | 121 |

| | | |
|------------|--|-----|
| 4.2. | Descripción de la alternativa técnica IMS | 123 |
| 4.2.1. | Expansión de hardware y Software IMS..... | 125 |
| 4.2.2. | Equipamiento técnico requerido IMS..... | 126 |
| 4.2.2.1. | <i>Equipos Capa de Servicio.</i> | 126 |
| 4.2.2.1.1. | <i>ATS9900.</i> | 126 |
| 4.2.2.2. | <i>Equipos Capa Core.</i> | 127 |
| 4.2.2.2.1. | <i>CSC3300.</i> | 127 |
| 4.2.2.2.2. | <i>MRP6600.</i> | 127 |
| 4.2.2.2.3. | <i>UAC3000.</i> | 128 |
| 4.2.2.2.4. | <i>HSS9860.</i> | 128 |
| 4.2.2.3. | <i>Equipos de Interconexión.</i> | 129 |
| 4.2.2.3.1. | <i>UMG8900.</i> | 129 |
| 4.2.2.3.2. | <i>UGC3200.</i> | 130 |
| 4.2.2.4. | <i>Plataformas Capa de Soporte de Operación.</i> | 130 |
| 4.2.2.4.1. | <i>M2000.</i> | 130 |
| 4.2.2.4.2. | <i>Sistema de Facturación</i> | 130 |
| 4.2.3. | Interfaces y Protocolos IMS..... | 131 |
| 4.2.4. | Identificación de Usuarios IMS..... | 134 |
| 4.2.5. | Señalización Llamadas IMS..... | 136 |
| 4.2.5.1. | <i>Registro.</i> | 136 |
| 4.2.5.2. | <i>Llamadas originadas.</i> | 139 |
| 4.2.5.3. | <i>Llamadas terminadas.</i> | 140 |
| 4.3. | Interconexión de Redes | 141 |
| 4.3.1. | Red PSTN/PLMN (3G y HSPA+)..... | 141 |
| 4.3.2. | Red LTE/4G. | 142 |
| 4.3.3. | Red MVNO (2G/3G)..... | 143 |
| 4.3.4. | Red NGN..... | 144 |
| 4.3.5. | Red de banda ancha..... | 145 |
| 4.4. | Acceso Convergente para suscriptores..... | 145 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 4.4.1. | Interfaces de acceso red IMS..... | 146 |
| 4.5. | Seguridades en redes móviles | 148 |
| 4.5.1. | Seguridades redes 2G | 149 |
| 4.5.2. | Seguridades redes 3G | 151 |
| 4.5.3. | Seguridades redes 4G | 153 |
| 4.5.4. | Seguridades IMS | 154 |
| 4.6. | Redundancia IMS..... | 156 |
| 4.7. | Solución VoLTE | 159 |
| 4.7.1. | Arquitectura técnica VoLTE. | 159 |
| 4.7.2. | Equipamiento y funcionalidades de la solución VoLTE..... | 161 |
| 4.7.3. | Interfaces VoLTE | 164 |
| 4.7.4. | Servicios y funcionalidades VoLTE..... | 165 |
| 4.7.4.1. | <i>Llamadas Básicas VoLTE.</i> | 166 |
| 4.7.4.2. | <i>Escenarios de Llamadas Básicas VoLTE.</i> | 169 |
| 4.7.4.2.1. | <i>Llamada Básica entre suscriptores LTE.</i> | 169 |
| 4.7.4.2.2. | <i>Llamada Básica entre suscriptores 2G/3G y LTE.</i> | 170 |
| 4.7.5. | Solución SRVCC y/o eSRVCC..... | 172 |
| 4.7.5.1. | <i>Proceso de llamada con SRVCC.</i> | 175 |
| 4.8. | Productos IMS..... | 177 |
| 4.8.1. | Numero Único. | 177 |
| 4.8.2. | Centrex Convergente. | 178 |
| 4.8.3. | Troncal IMS. | 179 |
| 4.9. | Criterio de Trafico..... | 180 |
| 4.9.1. | Interfaz Gx..... | 183 |
| 4.9.2. | Interfaz Gxc | 184 |
| 4.9.3. | Interfaz S7 | 184 |
| 4.9.4. | Resultados Obtenidos | 184 |
| 4.10. | Costos Referenciales de la Implementación..... | 185 |
| 4.11. | Validación de Solución VoLTE | 192 |

| | |
|---|-----|
| 4.11.1. Solución Convergente FMC | 202 |
| 4.11.2. Alta confiabilidad y alta disponibilidad | 203 |
| 4.11.3. Alternativa más viable..... | 205 |
| 4.12. Marco Legal o Regulatorio Aplicable al Proyecto | 206 |
| 4.12.1. Constitución de la República del Ecuador. | 207 |
| 4.12.2. Ley Orgánica de Telecomunicaciones..... | 210 |
| 4.12.3. Reglamento para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado. | 216 |
| 4.12.4. Reglamentos a los de Voz Sobre Internet | 217 |
| 4.12.5. Reglamentos para la Prestación de Servicios de Valor Agregado. | 219 |
| 4.12.6. Plan Técnico Fundamental de Numeración..... | 220 |
| 4.12.7. Consideraciones del Marco Regulatorio. | 220 |
| 4.12.8. Impacto en la regulación. | 221 |
| 4.13. Próximos Pasos..... | 222 |
| 4.13.1. Servicio de Comunicaciones Enriquecidas (RCS). | 222 |
| CAPÍTULO 5 | 225 |
| CONCLUSIONES | 225 |
| RECOMENDACIONES | 231 |
| REFERENCIAS | 232 |
| BIBLIOGRAFÍA | 239 |
| GLOSARIO DE TERMINOS..... | 240 |
| ANEXOS | 246 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| <i>Figura 2.1.</i> Evolución de las tecnologías Móviles..... | 13 |
| <i>Figura 2.2.</i> Evolución de terminales Móviles..... | 14 |
| <i>Figura 2.3.</i> Modo de transmisión FDMA. | 15 |
| <i>Figura 2.4.</i> Modo de transmisión TDMA y FDMA. | 17 |
| <i>Figura 2.5.</i> Modo de transmisión sistemas CDMA/WCDMA. | 19 |
| <i>Figura 2.6.</i> Modo de transmisión OFDM. | 20 |
| <i>Figura 2.7.</i> Abonados móviles celulares en todo el mundo..... | 23 |
| <i>Figura 2.8.</i> Índice de penetración móvil-celular mundial- Actualizado 2015..... | 24 |
| <i>Figura 2.9.</i> Índice de penetración banda ancha móvil mundial..... | 25 |
| <i>Figura 2.10.</i> Elementos básicos de la red Móvil. | 29 |
| <i>Figura 2.11.</i> Tipos de Acceso Móvil. | 32 |
| <i>Figura 2.12.</i> Arquitectura GSM..... | 33 |
| <i>Figura 2.13.</i> Arquitectura GPRS. | 38 |
| <i>Figura 2.14.</i> Arquitectura UMTS – GSM/GPRS | 42 |
| <i>Figura 2.15.</i> Evolución UMTS – Release 99 al Release 11 | 48 |
| <i>Figura 2.16.</i> Arquitectura LTE/EPS..... | 50 |
| <i>Figura 2.17.</i> Conexiones LTE y participación en el mercado mundial (marzo 2015) | 58 |
| <i>Figura 2.18.</i> Histórico IMS – Release 3GPP..... | 59 |
| <i>Figura 2.19.</i> Estructura básica de aprovisionamiento IMS. | 62 |
| <i>Figura 2.20.</i> Arquitectura IMS | 63 |
| <i>Figura 2.21.</i> Ancho de banda espectro vocal y HD..... | 73 |

Capítulo 3

| | |
|--|-----|
| <i>Figura 3.1.</i> Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Operadora. | 78 |
| <i>Figura 3.2.</i> Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tecnología. | 79 |
| <i>Figura 3.3.</i> Core de Voz. Red 3G CNT EP. | 82 |
| <i>Figura 3.4.</i> Core de Datos. Red 3G CNT EP..... | 89 |
| <i>Figura 3.5.</i> Red 3G Voz y Datos CNT EP..... | 97 |
| <i>Figura 3.6.</i> Red EPC/LTE (4G) CNT EP. | 98 |
| <i>Figura 3.7.</i> Red MNVO - CNT EP..... | 103 |
| <i>Figura 3.8.</i> Red Fija y Móvil 2G/3G/4G Voz y Datos CNT EP..... | 104 |
| <i>Figura 3.9.</i> Procedimiento de CSFB..... | 107 |
| <i>Figura 3.10.</i> Arquitectura de red para CSFB..... | 108 |
| <i>Figura 3.11.</i> Procesamiento llamadas de voz con CSFB..... | 109 |
| <i>Figura 3.12.</i> CSFB Terminales 4G CNT EP | 112 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 3.13.</i> Procesamiento de SMS sobre red LTE. | 113 |
| <i>Figura 3.14.</i> Sección de datos activa (Terminal con función de modem USB). | 114 |
| <i>Figura 3.15.</i> Terminal registrado en la red LTE. | 114 |
| <i>Figura 3.16.</i> Sección de datos presenta latencia. | 115 |
| <i>Figura 3.17.</i> Proceso de PS HO (LTE/4G a HSPA+/3G). | 115 |
| <i>Figura 3.18.</i> Sección de datos estable al cierre de la llamada de voz. | 116 |
| <i>Figura 3.19.</i> Proceso de Fast Return (HSPA+/3G a LTE/4G). | 116 |
| <i>Figura 3.20.</i> Señalización de red/Proceso de CSFB. | 118 |

Capítulo 4

| | |
|--|-----|
| <i>Figura 4.1.</i> Líderes en equipamiento VoIP e IMS – Inicio 2014. | 121 |
| <i>Figura 4.2.</i> Solución IMS.. | 124 |
| <i>Figura 4.3.</i> Solución IMS distribuida en capas. | 125 |
| <i>Figura 4.4.</i> Interfaces de la solución IMS..... | 132 |
| <i>Figura 4.5.</i> Identificación de usuarios IMS | 134 |
| <i>Figura 4.6.</i> Registro suscriptor IMS. | 138 |
| <i>Figura 4.7.</i> Llamada origen suscriptor IMS. | 139 |
| <i>Figura 4.8.</i> Llamada terminada suscriptor IMS..... | 140 |
| <i>Figura 4.9.</i> Interconexión IMS - PSTN/PLMN | 142 |
| <i>Figura 4.10.</i> Interconexión IMS- EPC..... | 143 |
| <i>Figura 4.11.</i> Interconexión IMS-MVNO..... | 144 |
| <i>Figura 4.12.</i> Interconexión IMS-NGN. | 144 |
| <i>Figura 4.13.</i> Interconexión IMS-VoBB..... | 145 |
| <i>Figura 4.14.</i> Interfaces de acceso al IMS. | 146 |
| <i>Figura 4.15.</i> Módulos lógicos UICC | 149 |
| <i>Figura 4.16:</i> Autenticación EPS AKA | 153 |
| <i>Figura 4.17.</i> Arquitectura seguridad IMS..... | 155 |
| <i>Figura 4.18.</i> Redundancia IMS..... | 158 |
| <i>Figura 4.19.</i> Arquitectura VoLTE. Solución Propuesta | 160 |
| <i>Figura 4.20.</i> Conectividad Interfaces Gxc/Gx/S7..... | 164 |
| <i>Figura 4.21.</i> Flujo de llamada VoLTE..... | 167 |
| <i>Figura 4.22.</i> Red VoLTE – Llamada entre suscritores LTE..... | 169 |
| <i>Figura 4.23.</i> Red VoLTE – Llamada entre suscritores 2G/3G y LTE..... | 171 |
| <i>Figura 4.24.</i> Transferencia de dominio SRVCC | 173 |
| <i>Figura 4.25.</i> Red VoLTE – Funcionalidades SRVCC/eSRVCC..... | 176 |
| <i>Figura 4.26.</i> Número Único..... | 178 |
| <i>Figura 4.27.</i> Centrex Convergente..... | 179 |
| <i>Figura 4.28.</i> Troncal IMS. | 180 |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 4.29. Estructura paquete VoIP</i> | <i>181</i> |
| <i>Figura 4.30. Componentes de trafico Interface Gx</i> | <i>183</i> |
| <i>Figura 4.31. Arquitectura VoLTE – Alcatel_Lucent_Red AT&T</i> | <i>193</i> |

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 2.1. Diferencias Generaciones Móviles.</i> | <i>22</i> |
| <i>Tabla 2.2. Procesos GPRS.</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabla 2.3. Especificaciones LTE.</i> | <i>49</i> |
| <i>Tabla 2.4. Categorías de dispositivos LTE y sus características</i> | <i>56</i> |
| <i>Tabla 2.5. Conexiones LTE y participación en el mercado mundial - marzo 2015.</i> | <i>58</i> |

Capítulo 3

| | |
|---|------------|
| <i>Tabla 3.1. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tecnología.</i> | <i>79</i> |
| <i>Tabla 3.2: Equipos del Core de Voz/Referencia Comercial</i> | <i>83</i> |
| <i>Tabla 3.3. Interfaces y protocolos Core de Voz.....</i> | <i>88</i> |
| <i>Tabla 3.4. Equipos del Core de Datos/Referencia Comercial.</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 3.5. Interfaces Core de Datos.....</i> | <i>94</i> |
| <i>Tabla 3.6. Nuevo equipamiento red 4G CNT EP</i> | <i>98</i> |
| <i>Tabla 3.7. Interfaces Core de Datos 4G</i> | <i>100</i> |

Capítulo 4

| | |
|---|------------|
| <i>Tabla 4.1. Equipos y plataformas a implementar para arquitectura IMS.</i> | <i>125</i> |
| <i>Tabla 4.2. Detalle de los interfaces IMS.....</i> | <i>134</i> |
| <i>Tabla 4.3. Información almacenada en los NEs de IMS.....</i> | <i>139</i> |
| <i>Tabla 4.4. Detalle interfaces de acceso al IMS.....</i> | <i>148</i> |
| <i>Tabla 4.5. Elementos redundantes IMS.</i> | <i>157</i> |
| <i>Tabla 4.6. Elementos arquitectura VoLTE.</i> | <i>161</i> |
| <i>Tabla 4.7. Funcionalidades adicionales para arquitectura VoLTE.....</i> | <i>163</i> |
| <i>Tabla 4.8. Interfaces claves - VoLTE sobre IMS</i> | <i>164</i> |
| <i>Tabla 4.9. Características códec AMR.....</i> | <i>182</i> |
| <i>Tabla 4.10. Tabla consumo servicios equivalentes IMS/VoLTE</i> | <i>182</i> |
| <i>Tabla 4.11. Estimación de trafico IMS/VoLTE.....</i> | <i>185</i> |
| <i>Tabla 4.12. Proyección de usuarios IMS/VoLTE.....</i> | <i>185</i> |
| <i>Tabla 4.13. Costo Referencial Plataforma IMS/VoLTE.....</i> | <i>186</i> |
| <i>Tabla 4.14. Rentabilidad Financiera.</i> | <i>190</i> |
| <i>Tabla 4. 15. Elementos arquitectura VoLTE- Alcatel Lucent</i> | <i>194</i> |

| | |
|---|-----|
| <i>Tabla 4.16.</i> Comparación Equipos Core IMS-CSCF..... | 195 |
| <i>Tabla 4.17.</i> Comparación Equipos Core IMS-HSS. | 196 |
| <i>Tabla 4.18.</i> Comparación Equipos Acceso IMS- MSC. | 197 |
| <i>Tabla 4.19.</i> Comparación Equipos de Servicio IMS- ATS..... | 198 |
| <i>Tabla 4.20.</i> Requerimiento de equipos red actual CNT EP. | 201 |

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

En la última década, las telecomunicaciones han sufrido cambios radicales en su desarrollo; en base a ello, las operadoras de servicios de telecomunicaciones, han enfocado sus esfuerzos a la analogía de servicios. Actualmente, las tendencias del mercado se han enfocado en entornos IP, sobre los cuales se posibilita la prestación e integración de servicios fijos y móviles, servicios de Internet, banda ancha, televisión por suscripción y en fin de toda aplicación multimedia que agregue valor a los servicios de telecomunicaciones.

Las comunicaciones móviles por su parte, han experimentado cambios significativos en su evolución; partiendo desde sistemas analógicos de primera generación como por ejemplo AMPS (Advanced Mobile Phone System), hasta tecnologías digitales de tercera generación como lo son UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y CDMA2000 (Code División Multiple Access). Con el desarrollo de las tecnologías de tercera generación, los sistemas de comunicaciones móviles han alcanzado velocidades de hasta 42 Mbps para el enlace de bajada y 11 Mbps para el enlace de subida, satisfaciendo de alguna manera la eficiencia en la transmisión de los paquetes de datos. Sin embargo, los avances tecnológicos y las demandas del mercado, exigen mejoras a la prestación de servicios; es así como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), ha establecido los requisitos necesarios para la cuarta generación de telefonía móvil, siendo los más representativos, el hecho de tener redes basadas totalmente en conmutación de paquetes y transporte IP, tasas de transmisión de 100 Mbps para

usuarios en movimiento y de 1 Gbps para usuarios fijos, anchos de banda escalables entre 5 y 20 MHz con opción de hasta 40 MHz. El camino evolutivo, desde la tercera generación (3G) de telefonía móvil a la cuarta generación (4G), ha traído a la luz la tecnología LTE (Long Term Evolution), como un nuevo estándar para redes móviles. Si bien es cierto, éste nuevo estándar no cumple con los requerimientos de la cuarta generación de telefonía móvil, presenta una mejora muy notable, respecto a los estándares celulares de 3G (UMTS - Universal Mobile Telecommunications System) y 3.5G (HSDPA - High Speed Downlink Packet Access y HSUPA - High Speed Uplink Packet Access), en lo que respecta a la velocidad de transmisión de datos. LTE, ha sido concebido como un estándar de transmisión exclusiva de datos, mas no de llamadas de voz. La ejecución de las llamadas de voz sobre LTE, demanda de un método que permita el establecimiento de las mismas tal cual se lo realiza en redes 2G/3G. VoLTE (Voice over LTE) y la arquitectura de red IMS (IP Multimedia Subsystem), son los estándares que se postulan como los más indicados para cursar el tráfico de voz sobre redes LTE.

IMS es una plataforma capaz de proveer servicios multimedia unificados, con servicios de calidad e independientes de la tecnología de acceso y de los terminales utilizados; todo ello sobre un núcleo de red basado en IP. El objetivo principal de IMS, es desarrollar de manera vertiginosa el mercado móvil de datos y fomentar la convergencia entre redes fijas y móviles. El IMS proporciona un campo muy amplio para la innovación y experimentación de nuevos servicios. Por ejemplo, IMS permitirá proporcionar servicios que combinen la voz con el video en redes celulares, despliegue

de servicios multimedia integrados, servicios de texto sobre redes sociales, etc. Se debe también considerar, que con IMS las operadoras podrán reducir de una forma considerable el CAPEX¹ y OPEX² de sus redes, ofreciendo una mayor cantidad de servicios con los que pueda fidelizar a sus clientes y por ende generar mayores ingresos.

Con la infraestructura de IMS, se supera la limitante tecnológica para cursar el tráfico de voz sobre redes LTE, dando paso al estándar VoLTE con el cual es posible realizar llamadas de voz sobre la red LTE, de forma directa. Este servicio, es necesario dada la naturaleza intrínseca de LTE que, al contrario de GSM (Global System for Mobile communications) y UMTS, no está orientado para transmitir llamadas de voz.

En base a lo expuesto, el presente trabajo de tesis, se enmarca en el estudio de la factibilidad técnica para la implementación de VoLTE sobre una arquitectura de IMS, tomando como base práctica y real, la red móvil de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT EP.

1.2 Antecedentes

El estándar LTE, actualmente se está desarrollando y probando en varios países del mundo, incrementándose día con día, el número de regiones que cuentan con la infraestructura necesaria para su despliegue y puesta en producción.

Aunque LTE ha sido diseñado como un estándar exclusivamente para la transmisión de datos y no de llamadas de voz; su alcance tecnológico, no solo se limita a la

¹ CAPEX: CAPEX es la abreviatura de la expresión Inglés Capital Expenditure (en español, capex o gastos de capital) y es la cantidad de dinero gastado en la adquisición (o mejora) de los bienes de capital de una empresa en particular

² OPEX: OPEX, del inglés "Operating expense", es un costo permanente, asociado con el mantenimiento de equipos y gastos de consumibles para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema.

transmisión de datos con alta velocidad; sino que también, al procesamiento de llamadas de voz mejoradas y con alta calidad. En la arquitectura LTE, el dominio de circuitos conmutados³ con el cual es posible cursar llamadas de voz, no existe, como en las redes tradicionales 2G/3G o en redes fijas; por lo cual es necesario modificar dicha estructura con el fin aprovechar toda las ventajas que las redes LTE permiten. Los principales métodos para ofrecer servicios de voz sobre redes LTE son: CSFB (Circuit Switched Fallback); mVoIP de OTT (mobile VoIP Over-the-top (OTT) y, VoLTE basado en arquitectura IMS. Actualmente, VoLTE se vislumbra como la mejor opción, para el despliegue de servicios de voz sobre IP a gran escala.

En la presente década, muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones, están experimentando y evaluando el despliegue de VoLTE, sobre sus actuales infraestructuras de red. Un ejemplo que vale la pena citar, es el realizado por el “MultiService Forum”⁴, a través del evento “MSF VoLTE Interoperability”, del 10 de octubre del 2011, en el cual se demostró las ventajas y operatividad que las redes de cuarta generación ofrecen al paso de la voz.

El experimento consistió en establecer una llamada VoLTE entre dos operadoras, geográficamente distanciadas. Las operadoras encargadas de establecer la comunicación vocal sobre LTE, fueron: la operadora Vodafone ubicada en Dusseldorf - Alemania y China Mobile, localizada en Beijing – China. El resultado obtenido fue totalmente

³ Conmutación de circuitos o circuitos conmutados: es un tipo de conexión que realizan los diferentes nodos de una red para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones.

⁴ MultiService Forum: Asociación mundial de proveedores de servicios, fabricantes y vendedores de equipamiento de telecomunicaciones.

satisfactorio. Dicho experimento contó con la participación de los fabricantes: Huawei, Alcatel-Lucent, Samsung, ZTE, Cisco, entre otros; contando también con el apoyo de la GSMA (GSM Association), superando de esta manera los retos de las tecnologías de 4G móvil, en cuanto a la transmisión de voz. Actualmente, existen 66 operadoras en 35 países experimentando con VoLTE, 10 de ellas ya están ofreciendo a sus usuarios dicha solución. Ha inicios del 2014, las operadoras T-Mobile y AT&T, realizaron pruebas de VoLTE, en las ciudades de Seattle, Illinois, Indiana, Minnesota y Wisconsin. A esto se suma, la operadora Verizon, que ha realizado de manera exitosa, llamadas de voz sobre su red comercial LTE. (Ramos, 2014)

Actualmente, los terminales que soportan tecnología LTE, utilizan tarjetas inteligentes (chips) que son compatibles tanto con las redes LTE como con sus antecesoras las redes GSM o UMTS. En función de ello, los terminales móviles LTE, cursan el tráfico de voz a través de las redes 2G/3G, debido a la limitante que presenta la red LTE para el procesamiento de la voz. En el Ecuador, la operadora estatal de servicios de comunicaciones CNT EP, desde mediados del 2014, brinda a sus abonados el servicio de LTE mediante el uso de terminales móviles que soportan dicha tecnología y que además son compatibles con su red 2G/3G. Esta compatibilidad tecnológica, permite que las llamadas de voz, realizadas o recibidas en este tipo de terminales, sean enrutadas a través de las redes 2G o 3G del mismo operador, en función de la red que presente el mejor nivel de señal para la ejecución del servicio solicitado. (Velo, 2013)

En el despliegue inicial de las redes LTE, para la ejecución de las llamadas de voz, es importante que el nivel de cobertura de la red 2G/3G sea mayor que el de LTE, puesto

que de esta manera, las llamadas de voz se ejecutarán de forma exitosa, disminuyendo el número de llamadas caídas. Además, para asegurar la continuidad de los servicios de datos, es de suma importancia que el terminal tenga la capacidad de conmutar de forma transparente hacia las redes antecesoras. A fin de que el servicio de voz tenga la necesaria continuidad entre VoLTE y los sistemas por conmutación de circuitos, la 3GPP⁵ definió al estándar SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity), como el método para mantener activas las llamadas de voz entre las redes LTE y GSM/UMTS. Sin embargo, este proceso demanda que el terminal móvil, soporte también SRVCC. (Millán, 2012)

En el caso de Latinoamérica, Alcatel-Lucent, está desarrollando estrategias de negocios y soluciones tecnológicas para afrontar los retos de VoLTE e IMS. México es uno de los países en los cuales Alcatel-Lucent ha comenzado su etapa de evaluación tecnológica para VoLTE. Para el resto de Latinoamérica, se prevé, que dicha tecnología llegará en un lapso promedio de dos años; y es ahí, donde la CNT EP, gracias al actual despliegue de su red LTE, pretende ser la empresa pionera en el despliegue de servicios IMS y por ende ser la primera operadora en brindar servicios de VoLTE.

1.3 Justificación

La constante evolución de las telecomunicaciones, ha hecho que las operadoras del mercado, implemente nuevas tecnologías en sus actuales redes. La principal estrategia, es la de contar con un “Core Universal de Datos”, a través del cual se puedan ofrecer

⁵ 3GPP: El Proyecto Asociación de Tercera Generación o 3rd Generation Partnership Project, es una colaboración de grupos de asociaciones de telecomunicaciones, conocidos como Miembros Organizativos.

servicios convergentes entre redes móviles y fijas, dando con ello un valor diferencial ante los competidores del medio y una mejora en el mercado.

En la última década, la proliferación de redes convergentes, ha marcado de manera positiva la prestación de los servicios de telecomunicaciones; no solo por el hecho de poder comercializar varios servicios a través de las mismas; sino también, por los aspectos distintivos que con ella se les da a los servicios, tal como: seguridad en la transmisión, fidelidad de datos, calidad y priorización de servicio, interoperabilidad con otras redes, masificación de servicios, valor agregado, entre otras.

A pesar de este adelanto tecnológico, la convergencia de servicios de valor agregado, se ha visto limitada por la independencia tecnológica entre redes fijas y móviles, que impide la prestación de nuevos servicios, como por ejemplo: la del número único de abonado tanto para redes fijas y móviles.

En el Ecuador y para el caso particular de la CNT EP, la disposición independiente de las redes con que esta cuenta, ha mitigado la prestación de servicios convergentes de valor agregado para sus abonados. Su infraestructura de red, está separada en dos redes: la red fija, que proporciona servicios de telefonía convencional e Internet; y la red móvil, que se encuentra compuesta por la red 3G y la actual red 4G, para la prestación de los servicios de telefonía móvil e Internet inalámbrico. Estas redes, han evolucionado independientemente, trayendo consigo costos de manteniendo, crecimiento y de desarrollo, también independientes.

En la actualidad, la CNT EP manteniéndose a la vanguardia tecnológica, ha emprendido un proceso de continuo desarrollo para la evolución y convergencia de sus

redes fijas y móviles, con lo cual se prevé el despliegue de nuevos y mejores servicios de valor agregado para sus clientes. La tendencia en el campo de las telecomunicaciones, demanda la convergencia total de servicios, misma que puede alcanzarse mediante una arquitectura universal de red basada en funcionalidades, la cual se denominada IMS.

Una red IMS es una plataforma capaz de proveer servicios multimedia unificados y de calidad, con alta movilidad e independientes de la tecnología de acceso y el terminal utilizado, todo ello a través de un Core de red basado en IP. IMS permite potencializar el mercado de voz y datos a través de la convergencia de arquitecturas de redes fijas y móviles. Mediante el uso de IMS, las operadoras móviles, podrán potencializar el uso de sus redes, optimizando el ancho de banda y asegurando la calidad de los servicios prestados.

La CNT EP por su parte, ha empezado su camino evolutivo hacia las redes IMS, dando un paso importante con el despliegue y puesta en producción de la red 4G basada en LTE, convirtiéndose de esta manera en la primera operadora de servicios móviles avanzados del Ecuador en utilizar esta tecnología; equiparándose a operadoras trasnacionales como: Telefónica y Verizon, que ya han desplegado sus redes LTE en España y Estados Unidos, respectivamente.

Sin embargo, la actual red LTE, no permite la oferta del servicio de voz nativa VoLTE; puesto que LTE es un diseño estándar para transmisión de datos móviles y no de voz. Los servicio de voz, ejecutados por terminales conectados a la red LTE, ya sea en llamadas salientes o entrantes, utilizan la red 2G/3G de la CNT EP para poder completar las llamadas; lo que obliga a cerrar todas las sesiones que se hayan levantado

en ese momento sobre la red 4G y, posteriormente levantarlas de forma automática en la red 2G/3G. Para la ejecución de este proceso, se implementó CSFB como una solución estándar para ofrecer voz en la red LTE; implicando con ello, la ejecución de handover desde la red 4G, hacia la red 3G y viceversa, lo cual provoca la interrupción de las sesiones de datos activas. Durante las llamadas de voz, efectuadas sobre la red LTE, el abonado mantiene los servicios contratados, pero esta vez servidos desde la red 2G/3G, lo que implica una disminución en la tasa de transmisión de los mismos.

Por lo expuesto, la CNT EP ha visto necesario evolucionar su red móvil hacia una plataforma IMS, que le permita aprovechar el potencial de su red LTE, mediante la implementación de una arquitectura IMS y del despliegue de servicios VoLTE.

VoLTE, permitirá proporcionar los servicios convencionales de voz, pero con mejor calidad en la señal, gracias al uso de códecs que optimizan el ancho de banda y a la disminución en el tiempo del establecimiento de las llamadas de voz, en comparación con las tecnologías GSM/UMTS. En cuanto a las ventajas para el consumidor final, se tiene que la principal es que la conversión de las llamadas en datos, permite una mejor calidad en las llamadas, con sonido más claro y menor ruido de fondo; lo que se denomina Voz HD. Además, se consigue que el establecimiento de llamada sea hasta 20 veces más rápida que sobre una red 3G y se posibilita activación de video durante la llamada, además del beneficio de tarifas de voz más baratas y flexibles.

La importancia de este proyecto de tesis, radica en que VoLTE supondría a corto plazo, una ventaja competitiva para la CNT EP y a largo plazo, en un mecanismo para

reemplazar completamente las redes tradicionales; con lo cual, la CNT EP podrá expandir el portafolio de sus productos y servicios.

Cabe señalar, que a la fecha de la elaboración de este proyecto, en el Ecuador, ninguna operadora de telecomunicaciones, ha implementado infraestructuras IMS en sus redes, sean estas fijas o móviles; lo propio para VoLTE.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Realizar el estudio de factibilidad técnica para el despliegue de servicios VoLTE nativo sobre una red basada en arquitectura IMS, tomando como caso práctico la red de 2G/3G(GSM/UMTS) y 4G (LTE) de la CNT EP.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar y presentar de forma general, la infraestructura de red móvil con la que actualmente cuenta la CNT EP (redes 2G, 3G y 4G).
- Analizar los actuales servicios que la CNT EP brinda a través de su red 4G; ventajas y desventajas que la misma presenta en cuanto a la transmisión de los servicios de voz y datos.
- Analizar el actual proceso para el establecimiento de llamadas de voz sobre la red 4G de la CNT EP, al no contar con VoLTE como un servicio nativo para abonados de dicha red.
- Analizar la expansión de Hardware y Software necesario que requiere el Core Móvil de la CNT EP para implementar una arquitectura IMS, misma que le

permitirá brindar servicios de valor agregado a sus abonados e integrar dicha red con el resto de componentes de sus redes fijas y móviles.

- Presentar la arquitectura IMS requerida, que le permita a la CNT EP el despliegue de servicios VoLTE de manera nativa para los abonados de su red móvil 4G.

1.5 Resumen de contenido de capítulos

El presente proyecto, en su primer capítulo se presenta información cuyo propósito principal ha sido resumir en breves rasgos el contenido y el enfoque general del proyecto. En el segundo capítulo, se presentan todos los fundamentos teóricos de las redes de comunicaciones móviles, esto es: evolución de las redes, infraestructura de red, componentes de hardware y software para la implementación de redes IMS y el despliegue de servicios VoLTE. En el tercer capítulo, se presenta de manera general la estructura de red móvil actualmente desplegada por la CNT EP y sus limitantes tecnológicas para la transmisión de la voz por la red 4G en las actuales condiciones, esto al no contar con una plataforma IMS para el despliegue de VoLTE nativo. En el cuarto capítulo, se analiza la infraestructura de red necesaria para el despliegue de servicios IMS sobre la red actual de la CNT EP, analizando también la factibilidad técnica para el despliegue de VoLTE nativo en dicha red. Finalmente, en el capítulo cinco, se exponen las conclusiones sobre el desarrollo de este proyecto y se dan las recomendaciones para trabajos futuros sobre esta tesis.

CAPÍTULO II

Estado del arte

A lo largo de la presente tesis, se mencionan conceptos y definiciones que permiten entender el desarrollo de este proyecto, por lo que este capítulo se dedica enteramente a aclarar esos fundamentos básicos.

2.1. Evolución de la tecnología móvil

La necesidad de disponer de todas las formas de comunicación a través de una misma tecnología, ha impulsado al desarrollo de diversas generaciones móviles, siendo cada predecesora el escalón evolutivo para las nuevas tendencias tecnológicas. Las distintas etapas de evolución, denominadas generaciones; ofrecieron servicios acorde a sus capacidades y limitaciones tecnológicas, con características propias y representativas de cada una de ellas.

Desde la invención del primer radioteléfono móvil, en 1973 por Martin Cooper; las tecnologías móviles han experimentado un desarrollo acelerado, puesto que tan solo en 40 años, se han desarrollado cuatro generaciones de comunicaciones móviles (1G, 2G, 3G y 4G). Sin duda alguna, este desarrollo ha sido acelerado, si se considera que desde la invención del teléfono fijo y la primera comunicación móvil, tuvieron que pasar aproximadamente 100 años, para que estas dos tecnologías puedan complementarse y coexistir.

Las tecnologías móviles han experimentado una constante evolución, todo esto con el fin de satisfacer la demanda de un mayor ancho de banda requerido y en función de la gama de servicios que pueden ofrecerse a través de ellas.

En la Figura 2.1, se muestra la historia evolutiva de las comunicaciones móviles, cuya diferencia principal entre ellas, ha sido, los incrementos exponenciales en la velocidad de transmisión de datos.

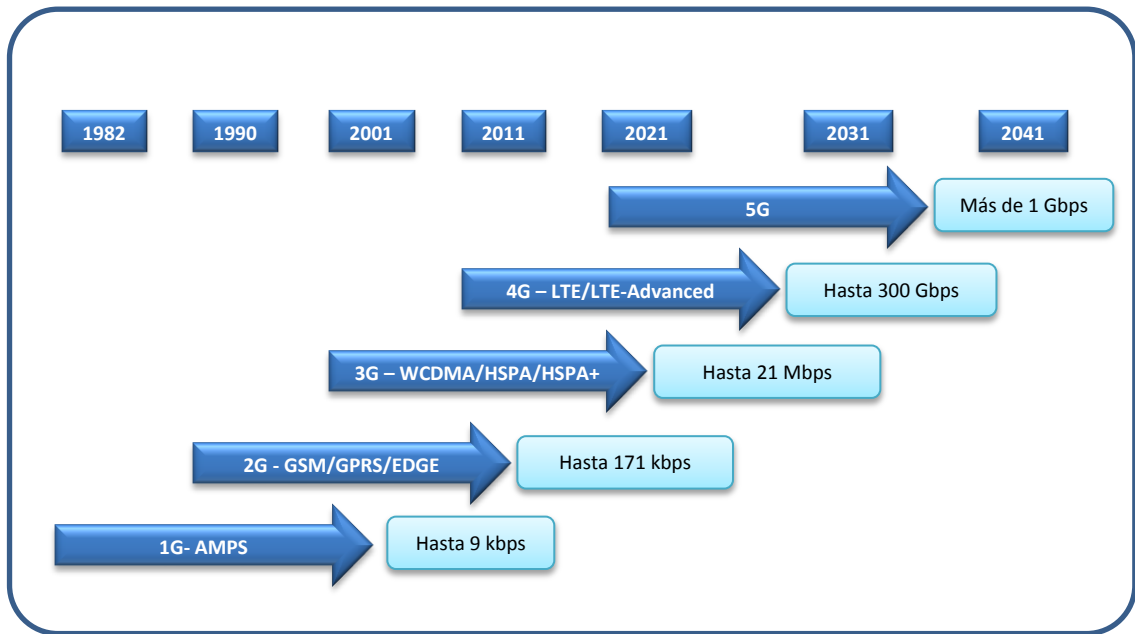


Figura 2.1. Evolución de las tecnologías Móviles. (Tafazoli, 2013)

Cuando se inició la industria de las comunicaciones móviles, los sistemas utilizados y la mayoría de terminales móviles, eran analógicos.

En la búsqueda de sistemas móviles, que permitan velocidades más elevadas y un menor tiempo de conexión hacia la red; los sistemas analógicos fueron remplazados por sistemas digitales. En la Figura 2.2, se puede observar cómo incluso los terminales móviles han debido evolucionar acorde a las tendencias tecnológicas, desde terminales extremadamente grandes y pesados, hasta terminales reducidos en peso y tamaño, con un gran número de aplicaciones embebidas.

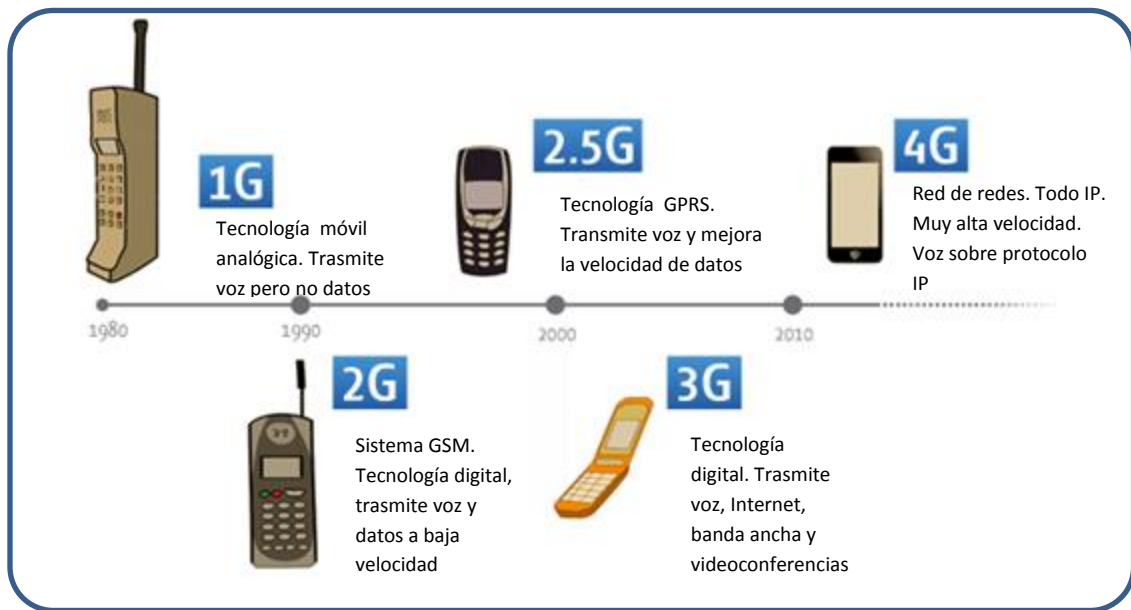


Figura 2.2. Evolución de terminales Móviles. Elaborado por Autor.

Tanto los operados de servicios de telefonía móvil, como fabricantes y proveedoras, han tenido que adaptarse a la evolución tecnológica del mercado, desarrollando nuevos productos y servicios acordes a las ventajas de cada generación. En el Ecuador, las comunicaciones móviles celulares, iniciaron su operación en 1993, con la aparición comercial de las operadoras móviles CONECCEL S.A. (Porta Celular, posteriormente CLARO) y OTECEL S.A. (Movistar). Las tecnologías móviles utilizadas, en esta primera etapa, estuvieron regidas a las tecnologías de la segunda generación. Posteriormente, en el año 2003, se anexó a este mercado una tercera operadora móvil, TELECSA, cuyo nombre comercial fue Alegro, actualmente denominada CNT EP. (Supertel, 2012)

2.1.1. Sistemas de primera generación.

La primera generación móvil (1G), tuvo sus inicios entre 1970 y 1980; se caracterizó principalmente por ser una tecnología analógica, que ofrecía únicamente

servicios de voz. Sus características principales eran la baja calidad de los servicios y la poca seguridad en la transmisión de la información.

La técnica de transmisión utilizada era FDMA (Multiplexación por División de Frecuencia), que limitaba el número de usuarios a ser atendidos por dicho sistema.

Las tasas de transmisión con las cuales operaban estos sistemas estaban entre los 28kbps y 56kbps. Las tecnologías más destacadas de esta generación son: NTM (Nordic Mobile Telephone), TACS (Total Access Communication System) y la más predominante, AMPS (Advanced Mobile Phone System), desarrollada en 1982. En esta primera generación, cada usuario emplea una frecuencia para la transmisión/recepción de la información; la Figura 2.3 muestra el modo de operación FDMA.

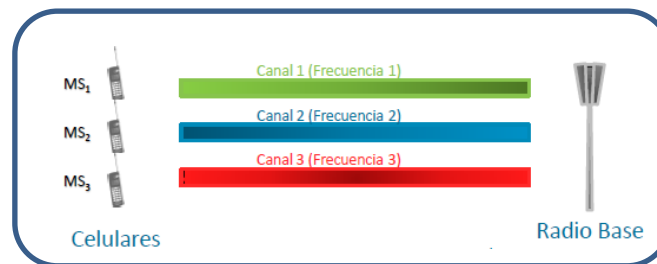


Figura 2.3. Modo de transmisión FDMA. (Vergara, 2013)

2.1.2. Sistemas de segunda generación.

La segunda generación de la telefonía móvil (2G), inicio su operación alrededor del año 1990; se caracterizó especialmente, por ser una tecnología digital al contrario de su antecesora que fue analógica. La digitalización de sistemas, permitió la aparición de terminales móviles más reducidos, en tamaño, en costo y en consumo de potencia.

Esta generación, permitió no solo la transmisión de la voz sino que también se pudo integrar el servicio de la transmisión de datos digitales, aunque limitados en volumen y velocidad. En esta generación se introducen servicios tales como: SMS (envío de mensajes de texto), encriptación de mensajes, datos en modo circuito, roaming internacional; además se añaden a las llamadas de voz móvil, los servicios suplementarios de: identificador de llamadas, conferencias tripartitas, desvío de llamadas, restricción de llamadas, entre otros.

Las tasa de transmisión alcanzada con los sistemas de segunda generación, contemplan velocidades teóricas de hasta 473Kbps para la descarga de datos. Su funcionamiento, implico el uso de técnicas de multiplexación por división de tiempo, superando así la limitante de usuarios a ser atendidos, lo propio para los problemas de calidad, seguridad y confidencialidad; falencias de los sistemas de primera generación. Entre las tecnologías más preponderantes de esta generación, se encuentra: GSM (Global Sistema for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), entre otras. En la segunda generación se realizaron varios cambios para optimizar la transmisión de datos; de ello surgieron las tecnologías GPRS (General Packet Radio Services) y EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution), mismas que podrían considerarse por sus características, como tecnologías de generación 2.5G. Con GPRS, se implementaron mejoras en el núcleo y con EDGE, mejoras a nivel de acceso hacia la red móvil, lo que permitió un aumento en la velocidad en la transmisión de datos, con tasas de hasta 473kbps. (López, 2011)

Las tecnologías de segunda generación, utilizan en forma conjunta, TDMA y

FDMA, como técnicas de acceso al medio; con ello los usuarios comparten una sola frecuencia, asignadas a diferentes intervalos de tiempo durante el proceso de transmisión, evitando así las interferencias entre usuarios. Con GSM, los usuarios emplean una ranura de tiempo para poder transmitir, mientras que con GPRS o EDGE, se puede utilizar varias ranuras de tiempo a la vez, incrementado de esta manera la capacidad de la transmisión de la información. El modo de transmisión utilizado se muestra en la Figura 2.4.

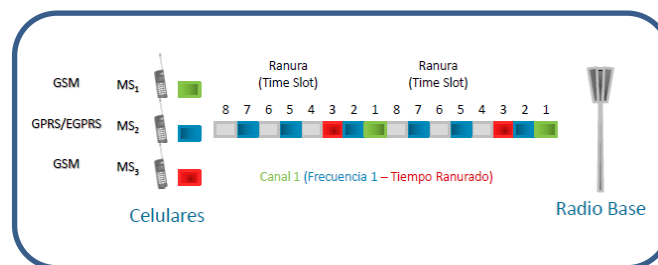


Figura 2.4. Modo de transmisión TDMA y FDMA. (Vergara, 2013)

2.1.3. Sistemas de tercera generación.

La tercera generación (3G) de la telefonía móvil, inicio su operación entre los años 2000 y 2002; esta generación, se caracteriza principalmente, por soportar aplicaciones multimedia y altas trasmisiones de datos. Los terminales móviles, presentaron características mucho más robustas que sus predecesores, tanto a nivel de capacidad de procesamiento como en la interfaz de usuario. Entre las tecnologías predominantes de esta generación, están: UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems), CDMA2000 y HSPA (High Speed Packet Access); de esta última existen algunas variantes como HSDPA, HSUPA y HSPA+.

UMTS, conocida también como WCDMA (Wideband Code Division Multiple

Access), se caracterizó por permitir un substancial aumento en la transmisión de datos. Esta, permite tasas de transmisión entre 384Kbps para terminal con movilidad y de 2 Mbps para terminales en estado fijo. Esta tecnología, ofrece alta eficiencia espectral para voz y datos y la transmisión simultánea de los mismos. UMTS opera en varias bandas de frecuencias, las más preponderantes son las bandas: 850, 900, 1800, 1900 y 2100 MHz.

HSPA, es la tecnología móvil más utilizada, esta se podría definir como una combinación de HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y HSUPA (High Speed Uplink Packet Access). Esta tecnología forma parte de las tecnologías de la generación 3.5G, debido a las mejoras que presenta frente a UMTS.

HSDPA, respecto a UMTS, incrementa la velocidad de descarga en 3,5 veces; la tasa de transmisión teórica máxima para la descarga de datos es de 14,4 Mbps, mientras que la tasa de subida es de hasta 384 Kbps.

HSUPA, mejora la velocidad en el enlace de subida de HSDPA, de 384 Kbps a una velocidad máxima de 5,8 Mbps; esta incluye mayor rendimiento, menor latencia y eficiencia espectral.

HSPA+ (High Speed Packet Access Plus), también forma parte de la tercera generación, aunque la misma es considerada como una tecnología de generación 3.75G. Esta es la evolución del estándar HSPA, ya que incrementa la capacidad de la transmisión y reduce la latencia en el envío/recepción de la información. Permite velocidades desde 28 Mbps hasta 42 Mbps en el enlace de bajada y de hasta 11 Mbps en el de subida.

Estas tecnologías operan con las técnicas de acceso CDMA/WCDMA, lo que

implica el uso de una misma frecuencia de transmisión y la asignación de un código diferente para cada usuario. El modo de transmisión se muestra en la Figura 2.5.



Figura 2.5. Modo de transmisión sistemas CDMA/WCDMA. (Vergara, 2013)

Finalmente, a esta generación, podría también agregarse la tecnología LTE (Long Term Evolution), mal llamada tecnología de cuarta generación, debido a que no cumple con los estándares emitidos por la UIT para este tipo de generación móvil. Esta tecnología está basada en técnicas de acceso OFDM, con la cual se pueden alcanzar tasas de transmisión pico en bajada, entre 100 y 300 Mbps, con velocidades de subida de hasta 75 Mbps. Esta es una tecnología que puede permitir la coexistencia e interoperabilidad con las generaciones móviles predecesoras; garantizando de esta manera la convergencia tecnológica. Por lo expuesto, LTE podría considerarse como una tecnología de generación 3.9G, siendo un paso previo para las tecnologías de cuarta generación, propiamente dichas.

2.1.4. Sistemas de cuarta generación.

Actualmente, dos tecnologías móviles compiten por ser la cuarta generación de telefonía móvil dominante. Una de ellas es WIMAX⁶, que es un sistema de

⁶ WIMAX: Del inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, que es una norma de transmisión de datos inalámbrica en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz.

comunicación móvil prescrita en el estándar 802.16 de la IEEE⁷. Esta tecnología provee comunicaciones de banda ancha con cobertura de hasta 50 km.

Por otro lado, se encuentra LTE Advanced, definido por la 3GPP como el estándar de comunicación móvil de cuarta generación. Dicho estándar ha sido presentado como la evolución de LTE.

LTE Advance y WIMAX, utilizan la infraestructura de antenas MIMO⁸, lo que implica que la información es transmitida por dos o más antenas a la vez, esto con el fin de mejorar la recepción de las señales. Los dos estándares, utilizan OFDM como técnica de acceso al medio, con lo cual es posible dividir la información y transmitirla en frecuencias perpendiculares entre sí, es decir ortogonales; reduciendo de esta forma, la interferencia inter-símbolo, provocado por la propagación de multi-trayectoria de la señal. El modo de transmisión se muestra en la Figura 2.6.

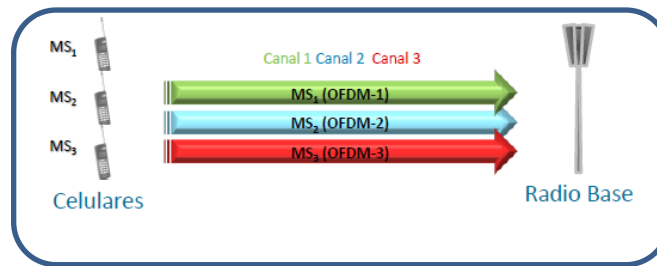


Figura 2.6. Modo de transmisión OFDM. (Vergara, 2013)

Ambas tecnologías son similares en cuanto a tasas de transmisión y técnicas de acceso; sin embargo LTE Advanced, es el estándar que se prevé dominará el mercado de

⁷ IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

⁸ MIMO: Multiple-input Multiple-output, MIMO, agrupación de antenas para incrementa las tasas de transmisión a través del multiplexado del espacio.

las telecomunicaciones.

Según las especificaciones establecidas por la UIT, para los estándares de cuarta generación móvil, se ha determinado que los mismos deberán permitir tasas de transmisión de hasta 100 Mbps para usuarios con alta movilidad y de 1 Gbps para usuarios en estado fijo; además deberán permitir servicios de alta calidad y seguridad en la transmisión de la información. Entre otras premisas representativas para la cuarta generación móvil, están:

- Redes todo IP.
- Convergencia de servicios.
- Interoperabilidad con sistemas antecesores y otros sistemas inalámbricos.
- Compartición dinámica de recursos de red.
- Alta calidad en los servicios.
- Terminales móviles de uso mundial, compatible con tecnologías predecesoras.
- Anchos de banda escalables.
- Conectividad mundial, con redes roaming de múltiple acceso.

LTE-Avanced, se constituye en un hito para las nuevas tendencias tecnológicas de redes completamente IP (All-IP), que permitirán ofrecer tasas de transmisión elevadas, reducción en el retardo de transmisión, alta eficiencia espectral, integridad en la transmisión de la información y en el uso de todos los servicios de valor agregado.

En resumen, la primera generación se caracterizó por la prestación de servicios analógicos; la segunda, por la digitalización de servicios; la tercera, por el aumento en las tasas de transmisión y la aparición de servicios multimedia; y finalmente, la cuarta

generación, por redes de muy alta velocidad e infraestructuras totalmente IP. La Tabla 2.1 muestra las diferencias entre las diferentes generaciones móviles.

| Criterio | Primera Generación | Segunda Generación | Tercera Generación | Cuarta Generación |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Servicios | Voz | Voz y Mensajería Corta | Voz y Datos | Voz y Datos |
| Calidad de Servicio (QoS) | Baja | Alta | Alta | Alta |
| Nivel estandarización | Bajo | Fuerte | Fuerte | Fuerte |
| Velocidad de Transmisión | Baja | Baja | Alta | Muy Alta |
| Tipo de Conmutación | Circuitos | Circuitos | Paquetes (IP) | All IP |

Tabla 2.1. Diferencias Generaciones Móviles. (Pachón de la Cruz, 2004)

2.1.5. Evolución del mercado móvil.

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), en su informe “The World in 2014: ICT Facts and Figures” de abril del 2014; ha publicado los últimos índices sobre el mercado de la telefonía móvil a nivel mundial. Dicho informe enfatiza el crecimiento substancial que las comunicaciones móviles han experimentado en los últimos años; las estadísticas muestran, que el número de suscriptores de la tecnología móvil celular en el mundo, se aproxima cada vez más al número de habitantes que tiene el planeta. Se estima que para finales del 2014, los suscriptores de la telefonía móvil bordearon los 7.000 millones. Aproximadamente la mitad de ellos (3.6 mil millones de suscripciones) están concentrados en las regiones del Asia y el Pacífico. La Figura 2.7, muestra el desarrollo de las comunicaciones móviles mundiales. (Brahima, 2014)

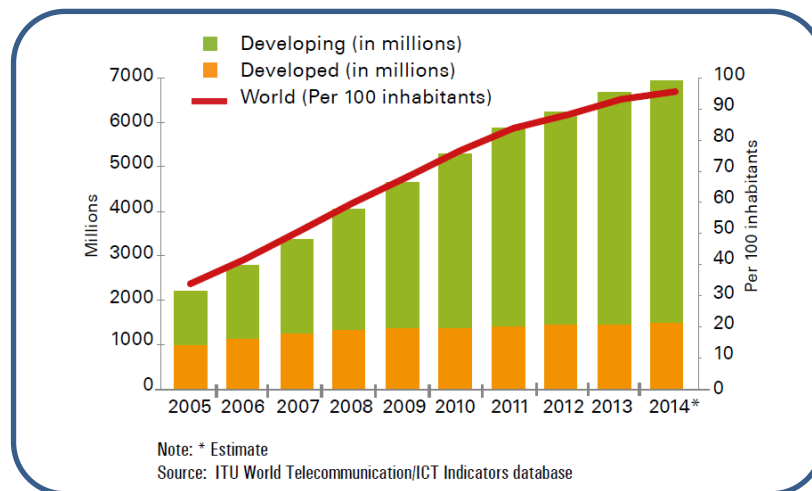


Figura 2.7. Abonados móviles celulares en todo el mundo. (Brahima, 2014)

2.1.6. Penetración servicio de voz móvil.

El informe “The World in 2014: ICT Facts and Figures”, señala que el índice de penetración móvil mundial para el último trimestre del 2014, fue del 96%. En base a ello, se estima que para los próximos años, la tasa de penetración de los abonos móviles, superaría el 100% en varias regiones del mundo que forman parte de la UIT; entre las que presentarán la mayor tasa de penetración estas: la CEI⁹ (Comunidad de Estados Independientes, con una penetración del 141%; Europa con el 125%, los Estados Árabes con una penetración del 110% y América con el 108%. En cuanto a las regiones de Asia y el Pacífico, se proyecta una penetración del 89% y en el África del 69%. En países desarrollados, el índice de penetración estaría en el 121% y en los países en vías de desarrollo, la penetración sería del 90% (News, 2013) (Tendencias21, 2013). La Figura 2.8, muestra la penetración móvil estimada para finales del 2014.

⁹ CEI: Comunidad de Estados Independientes, conocida también como CIS; es una organización supranacional compuesta por 10 de las 15 exrepúblicas soviéticas.

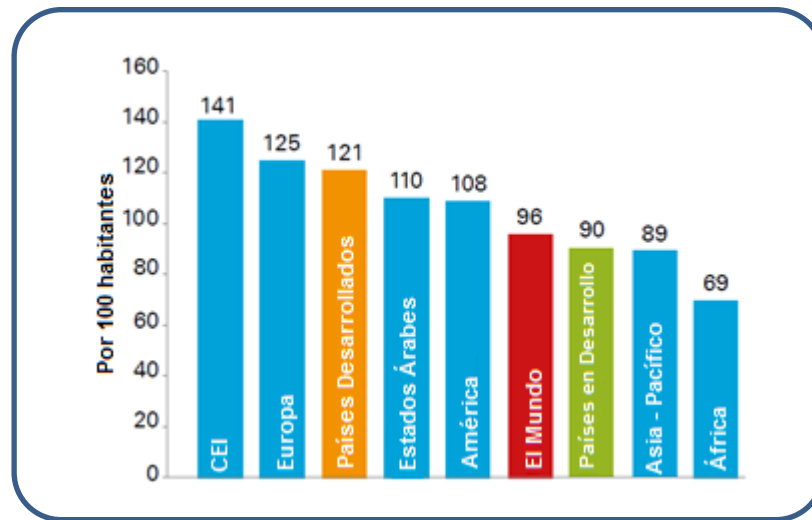


Figura 2.8. Índice de penetración móvil-celular mundial - Actualizado al 2015.

Elaborado por Autor.

Según estadísticas de la UIT del 2014, la tasa de crecimiento móvil, ha llegado a sus niveles más bajos nunca antes vistos; presentando una tasa del 2,6% de crecimiento a nivel mundial, lo cual indica que el mercado está saturándose. En las regiones de Asia-Pacífico y África, donde la penetración está en el orden del 89% y 69% respectivamente, el crecimiento móvil es más fuerte que en otras regiones. En cambio, en los países del CEI, los Estados Árabes, América y Europa, la tasa de crecimiento móvil está por debajo del 2%.

En Ecuador, la situación no es muy diferente. Según datos estadísticos de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) a enero del 2015, el número de abonados móviles celulares, estaría superando los 17 millones, con lo cual la tasa de penetración móvil sería de aproximadamente el 106%. La estimación de la penetración móvil, que cada habitante del planeta tendría por lo menos un celular, lo

cual no es cierto. Según la publicación “The Mobile Economy” de febrero del 2013, emitido por la GSMA; el número real de abonos móviles, estaría bordeando los 3.400 millones. La diferencia entre estos valores se debe principalmente al hecho de que muchas personas tienen más de una línea celular o también a que las operadoras celulares no actualizan sus bases de datos, computan en sus cifras líneas inactivas.

2.1.7. Penetración servicio de datos.

La UIT estimó que en 2014, el número de suscripciones de banda ancha móvil alcanzarían los 2.300 millones de usuarios; con ello la penetración estimada sería del 32%; esto es, casi el doble de la tasa de penetración medida en el 2011 y cuatro veces mayor que la del 2009. En países desarrollados, la penetración del Internet móvil está estimada en el 84%, es decir, cuatro veces mayor que la de los países en vías de desarrollo, la cual es del 21%. Las estadísticas muestran que la banda ancha móvil, es el segmento de mercado con el mayor crecimiento, siendo más evidente en los países en vías de desarrollo, donde se espera que esta tasa sea dos veces mayores que en los países desarrollados, esto es del 26% frente a 11,5% de crecimiento (Brahima, 2014). La Figura 2.9, muestra el crecimiento y la penetración de la banda ancha móvil a nivel mundial.

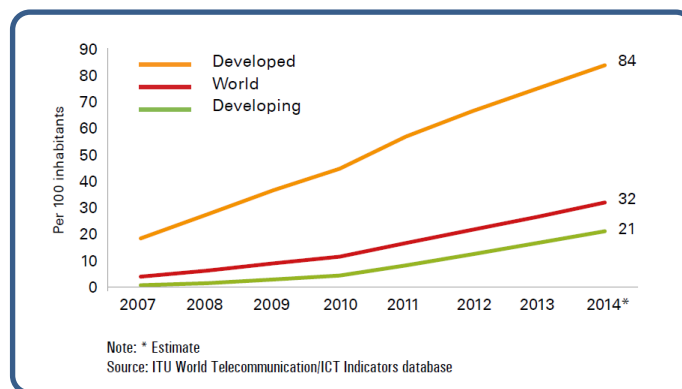


Figura 2.9. Índice de penetración banda ancha móvil mundial. (Brahima, 2014)

En Ecuador, los datos estadísticos de la ARCOTEL a diciembre del 2014, señalan que el número de cuentas de abonados de banda ancha móvil, superaron los 5 millones, con lo cual la tasa de penetración del servicio estaría en el 32%. (ARCOTEL, 2015)

2.1.8. Impacto de la tecnologías de cuarta generación.

El establecimiento de las tecnologías de cuarta generación móvil, se ha presentado como la respuesta ideal para las empresas de telecomunicaciones, frente al uso intensivo del Internet en movilidad y al consumo de contenidos multimedia de alta definición. Conforme la aparición de nuevas mejoras tecnológicas, los terminales móviles han debido cambiar sus características técnicas, enfocándose en el aumento de la capacidad de procesamiento, el menor consumo de batería y la alta velocidad para el acceso de datos.

La tecnología LTE, previa a la de cuarta generación móvil, se ha desarrollado considerablemente en el mundo. Las demandas de un mayor ancho de banda móvil y el alto tráfico soportado por las redes de tercera generación (3G), han hecho necesario acelerar el despliegue de LTE.

El último trimestre del 2009, se vio marcado por el despliegue inicial de redes LTE, específicamente en Europa. Su desarrollo fue tan acelerado, que para el último trimestre del 2011, ya existían en el mundo 185 redes LTE en fase de implementación (66 países) y 35 redes operando en forma comercial (31 países).

Se debe señalar, que muchas de las redes LTE que actualmente se encuentran operando, ofrecen únicamente servicios de datos, básicamente enfocados en los dispositivos que demandan tráficos de alta velocidad, tales como computadores

portátiles, tablets y smartphones. En cuanto a la voz, LTE utiliza la técnica de derivación de las llamadas de voz hacia las redes 2G o 3G.

A nivel de país, el impacto de las nuevas tecnologías de información y de acceso a Internet, se constituyen en uno de los iconos claves del desarrollo de la productividad. A nivel del ámbito personal, la aplicación de nuevas tecnologías con altas tasa de velocidad, propenden a que las personas trabajen en cualquier momento y lugar. A nivel social, el acceso a Internet móvil, ha fomentado el despliegue masivo de redes sociales.

Las tecnologías de tercera generación móvil, han sido un campo idóneo para desarrollar las aplicaciones mencionadas; sin embargo, los avances científicos y las nuevas funcionalidades multimedia, dejan entrever, que las características técnicas de la tercera generación móvil e incluso de LTE (3.9G), serán insuficientes para sostener la demanda del mercado futuro; es ahí donde las tecnologías de cuarta generación (LTE-Advance), jugarán un papel primordial en el desarrollo integral del mundo para las próximas décadas. (Castro, 2011)

2.2. Redes móviles de 2G

Debido a la limitada capacidad de los sistemas de primera generación, la incompatibilidad entre sistemas existentes (NTM, TACS, AMPS, etc.) y la saturación prevista de los mismos, se desarrollaron nuevos sistemas de telefonía móvil que permitían mejoras sustanciales en comparación con las de la primera generación. Es así como en 1982, la CEPT (Conference of European Postal and Telecommunications) creó el grupo GSM (Groupe Special Mobile), que posteriormente cambio su nombre a Global System for Mobile Communications, el cual tenía por función, el desarrollo de un

sistema móvil para telefonía celular, con características digitales, de buena calidad, alta capacidad y que cumpliera con los requisitos de compatibilidad entre varios sistemas.

Básicamente los sistemas de primera generación, estaban diseñados para transmitir la voz, pero no para los datos. En base a ello, surgen las tecnologías de 2G (GSM) y las de generación 2.5G, las cuales se pueden dividir en tres fases: la primera en las que surgen sus especificaciones; la segunda enmarcada por la transmisión de datos; y la tercera fase, que se enfoca en la codificación de voz y mejoras en la transmisión de datos; de esta fase surgen las tecnologías GPRS y EDGE. (Guinand, 2012)

2.2.1. Arquitectura General.

Las arquitecturas móviles de segunda generación, pueden ser descritas a través de una arquitectura móvil general constituida por varios elementos básicos. En la Figura 2.10, muestra los elementos fundamentales de una red móvil, separados en subsistemas o bloques.

En la parte inicial del sistema de red móvil, se encuentra el “Terminal de Usuario”, que básicamente lo constituye el usuario con cualquier tipo de terminal móvil que le permita conectarse a la red y acceder a sus servicios. Luego, se encuentra la “Red de Acceso”, constituida por el “Subsistema de Estaciones Base”, que es la que permite la movilidad del usuario dentro de una determinada área de cobertura. Posteriormente, se tiene el “Núcleo de la Red”, conformado por el “Subsistema de Conmutación de Red”, que es el responsable del establecimiento y enrutamiento de la información cursada desde o hacia el usuario. Finalmente, se tiene el subsistema de “Otras redes” o “Redes

WAN¹⁰; a través de la cual se interconecta con redes de telefonía fija o móvil (RTPC¹¹, RDSI¹², Redes Móviles, Redes Internacionales, etc.).

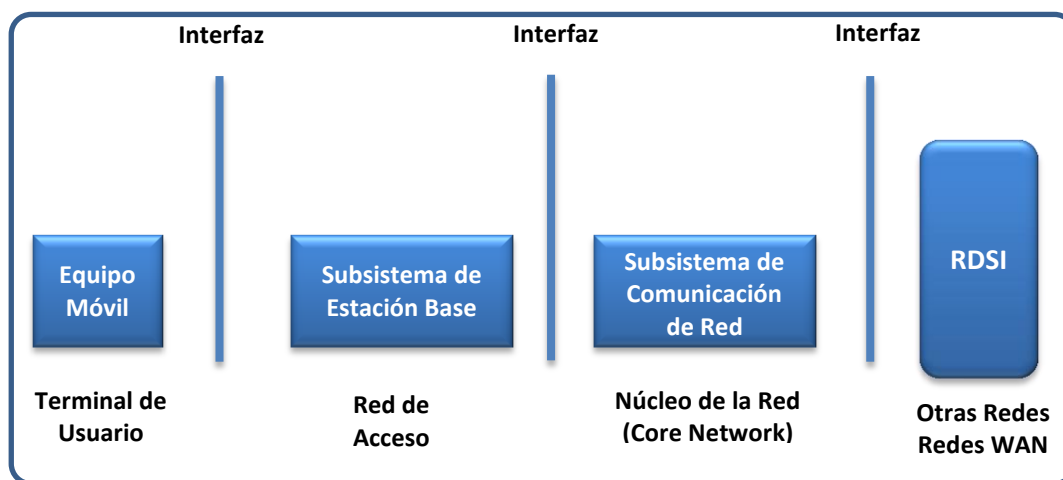


Figura 2.10. Elementos básicos de la red Móvil. (Pachón de la Cruz, 2004)

Cada uno de estos bloques se interconecta entre sí, mediante interfaces específicos que posibilitan el intercambio de información. Uno de los más importantes es la interfaz que comunica al “Terminales de Usuario” con la “Red de Acceso”, llamada “Interfaz radioeléctrica”, “Interfaz de Aire” o “Acceso de radio”, en la cual la información viaja a través del aire. Esta interfaz permite la comunicación entre el usuario y la red, regulando la velocidad y la forma de transmitir los datos. (Pachón de la Cruz, 2004)

¹⁰ WAN: Red de área amplia, de las siglas en inglés de Wide Area Network. Es una red de elementos de comunicaciones, que abarca varias ubicaciones físicas, proveyendo servicio a una zona, un país e incluso a varios continentes.

¹¹ RTPC: Red Telefónica Pública Conmutada o simplemente Red Pública.

¹² RDSI: Red Digital de Servicios Integrados, conocida también con las siglas en inglés ISDN.

2.2.1.1. Tipos de Acceso.

Varios son los métodos utilizados para la transmisión de la información, ellos difieren entre sí, por el procesamiento que se da a las señales y por la velocidad conseguida con cada uno de ellos.

2.2.1.1.1. TDMA - Acceso múltiple por división de tiempo.

TDMA, es utilizada para transmitir señales digitales. Básicamente, con esta técnica es posible transmitir la información en una misma frecuencia, pero a diferente tiempo. Esto posibilita que a un determinado canal de comunicación, se le asigne todo el ancho de banda disponible, durante una fracción del tiempo.

2.2.1.1.2. FDMA - Acceso múltiple por división de frecuencia.

FDMA, se utiliza tanto con señales analógicas y digitales. Esta técnica permite dividir el rango de frecuencias disponibles, en función de la demanda de usuarios; asignado a cada uno de ellos una frecuencia determinada, de tal manera que no exista interferencia.

2.2.1.1.3. CDMA - Acceso múltiple por división de código.

CDMA, es una técnica basada en la tecnología de Spread Spectrum, con la cual se asigna a cada usuario un código de transmisión específico, único y diferente a los del resto de usuarios. Esta técnica permite transmitir varios códigos en una misma frecuencia, sin que exista interferencia.

2.2.1.1.4. OFDM - Múltiple por división de frecuencias ortogonales.

OFDM es una técnica de acceso en la cual las frecuencias utilizadas están desfasadas entre sí 90°, es decir son ortogonales. Con OFDM se consigue una alta

eficiencia espectral, una mejor resistencia a las interferencias de radio frecuencia y una baja distorsión por multi-trayectoria de la señal.

2.2.1.1.5. *OFDMA - Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia.*

OFDMA es un variante de la técnica FDMA; esta tecnología es muy utilizada en sistemas inalámbricos y especialmente en redes LTE. Básicamente lo que esta técnica permite, es la compartición del espectro radioeléctrico, dividiendo al mismo en varias subportadoras¹³. La eficiencia del sistema se consigue, mediante el uso dinámico e inteligente de las subportadoras, mismas que son distribuidas en función de los requerimientos de servicio del usuario final. La agrupación de varias subportadoras, es directamente proporcional a la velocidad de transmisión. OFDMA, también utiliza la tecnología de Spread Spectrum y el acceso por multiplexación de tiempo, con lo cual se optimiza en gran manera el uso del espectro radioeléctrico. La Figura 2.11, muestra las diferentes técnicas de acceso para redes móviles.

¹³ Subportadora: Un sub-portadora es una señal analógica o digital, que trasporta la señal a transmitirse, sea esta voz y datos.

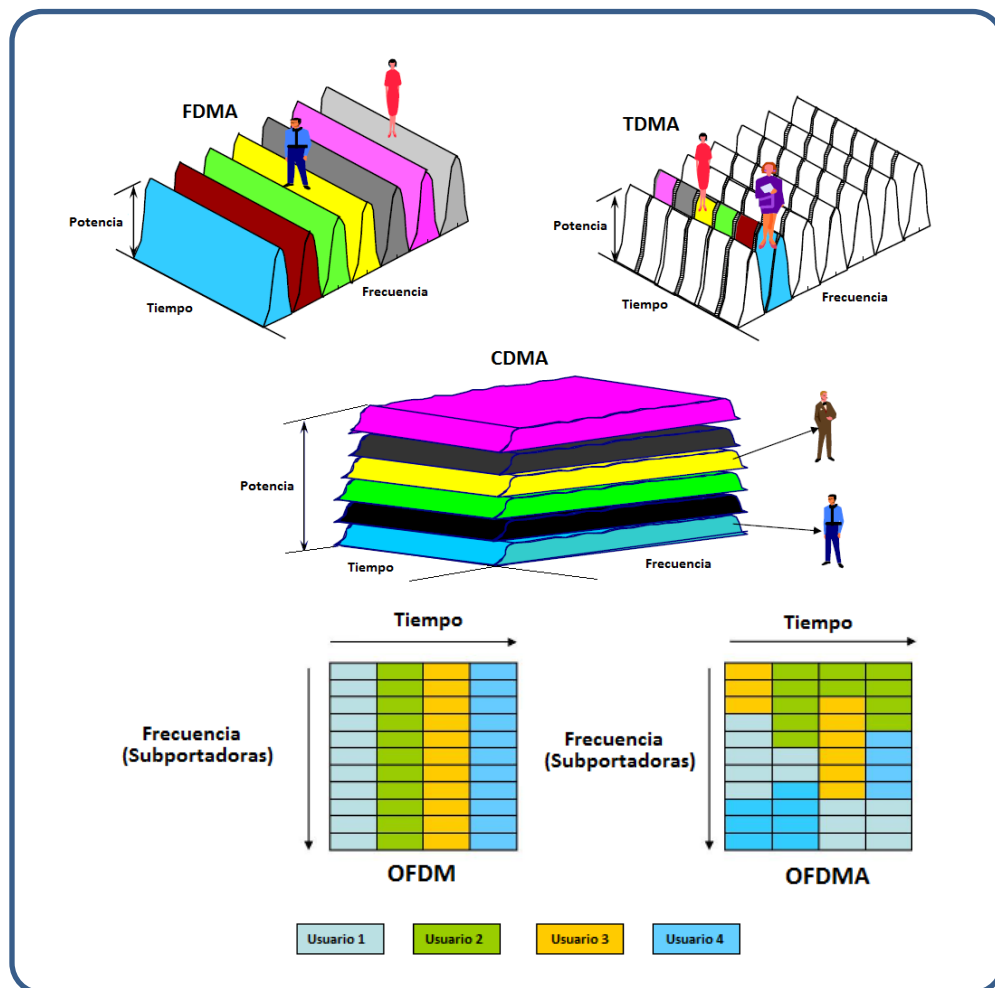


Figura 2.11. Tipos de Acceso Móvil. (Technologies, 2012) (Shapira, 2013)

2.2.2. Arquitectura de red GSM.

La arquitectura de red GSM, cuenta con los elementos básicos de una red móvil; es decir, está constituida por la estación, la red de acceso, el núcleo de la red y una etapa de interconexión con otras redes. En la Figura 2.12, se puede observar la arquitectura de la red GSM y los elementos que la constituyen.

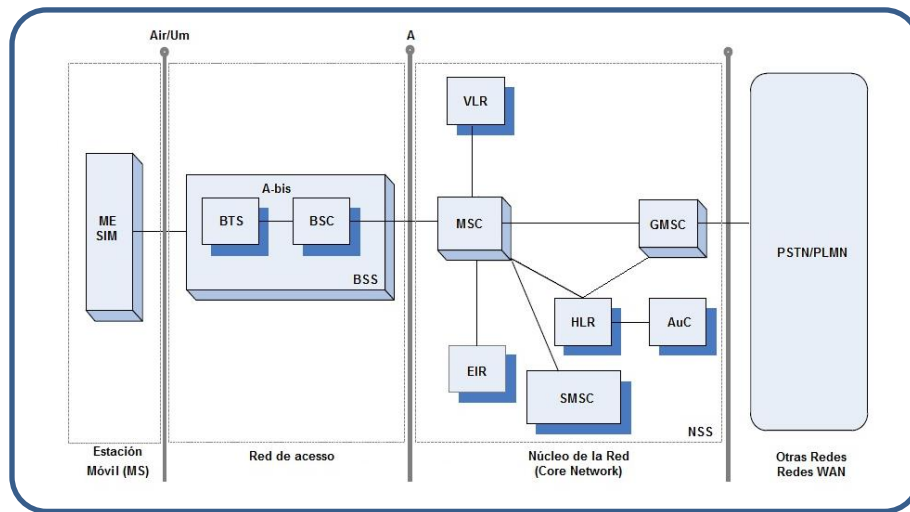


Figura 2.12. Arquitectura GSM. (Chimbo, 2012)

2.2.2.1. Elementos Constitutivos.

2.2.2.1.1. Estación Móvil (MS).

Es la puerta de acceso que tiene el usuario hacia la red móvil. La Estación Móvil, está constituida por dos elementos claves: el “Terminal móvil” (ME) y el “Módulo de Identidad del Subscritor” (SIM), que básicamente es un chip o tarjeta inteligente que debe ser insertada en el terminal móvil; este contiene la información necesaria para permitir la activación, identificación y autenticación del terminal en la red móvil.

2.2.2.1.2. Subsistema de Estación Base (BSS: Base Station Subsystem).

Este sistema corresponde a la etapa de la “Red de acceso”. Los elementos de red que conforma esta etapa son las estaciones bases, conocidas como BTS y los controladores de estaciones bases, denominados BSC.

2.2.2.1.2.1. Estación base (BTS: Base Transceiver Station).

Es la encargada de establecer la conexión entre la estación móvil y la red. Está conformada por antenas que operan como puntos de transmisión y recepción de las señales, las cuales cubre una determinada área geográfica a base al lóbulo de radiación. Sus principales funciones son: la codificación, encriptación, multiplexación y la transmisión/recepción de señales radioeléctricas.

2.2.2.1.2.2. Controlador de Estaciones Bases (BSC: Base Station Controller).

Se encarga de recopilar y transferir la información desde la BTS hacia el Núcleo de la red, para su posterior procesamiento. Coordina la transferencia de llamadas activas entre las distintas BTS que agrupa, esto con objetivo de mantener la continuidad en la comunicación. Entre sus funciones principales están: la administración y enrutamiento del tráfico, y el control de la potencia requerida por los terminales móviles, en función de su posición.

2.2.2.1.3. Núcleo de red (NSS: Network and Switching Subsystem).

Básicamente es la parte inteligente del sistema, constituida por varios elementos de red, que permiten el procesamiento de la información y la atención de requerimientos recibidos desde las BSS. Este subsistema permite por un lado, la conexión con las BSS y por otro, la interconexión con redes fijas y móviles, ya sean del mismo u otro operador y además con redes nacionales e internacionales.

2.2.2.1.3.1. Centro de Conmutación (MSC: Mobile Switching Center).

Corresponde a la central digital de conmutación del sistema, en la cual se encuentran provisionados los suscriptor. Este elemento de red permite establecer, mantener y

liberar las comunicaciones de voz, asignando el canal de comunicación las BSC y el mismo MSC. Entre sus funciones principales esta: gestión de la movilidad entre las MSCs con que cuente el operador, autenticación del usuario, actualización de la ubicación geográfica del usuario, control de acceso y seguridad de la comunicación.

2.2.2.1.3.2. Puerto de enlace MSC (GMSC: Gateway MSC).

El Gateway MSC proporciona la interface de comunicación con redes externas y otros MSC, sean del propio operador o de otro existente.

2.2.2.1.3.3. Registro General de Abonados (HLR: Home Location Register).

Es una base de datos estática en la cual se almacena la información relativa al abonado móvil. Sus funciones principales están relacionadas con la gestión y actualización de información referente a la ubicación y al tipo de usuario. Además, proporciona los datos necesarios a la GMSC para la localización del móvil cuando este desea establecer una llamada.

2.2.2.1.3.4. Registro de Abonados Visitantes (VLR: Visitor Location Register).

Es una base de datos volátil o temporal, en la cual se almacena la información del abonado móvil que entra en su zona de cobertura de forma temporal o en itinerancia (usuario de otra red móvil con acuerdos de roaming). La información del abonado itinerante es obtenida a partir de los datos almacenados en el HLR Home o de la operadora a la cual pertenece el usuario.

2.2.2.1.3.5. Centro de Autenticación (AuC: Authentication Center).

Almacena información confidencial de cada usuario y genera claves de seguridad, con las cual se permite la autenticación de dicho usuario.

2.2.2.1.3.6. Registro de identidad de Equipos (EIR).

El EIR (Equipment Identify Register), es una base de datos en la cual se almacena información relativa al terminal móvil, mediante la cual se autoriza o rechaza el acceso del terminal a la red. Los terminales son clasificados en listas blancas, en las cuales se enlistan los terminales que tiene acceso a la red; listas negras, cuyo listado de terminales han sido declarados como robados y por ende tiene el acceso denegado hacia la red; y finalmente, las listas grises en las cual se almacenan terminales que están en un proceso de observación. Las listas se crean en función del IMEI¹⁴ del terminal.

2.2.2.1.3.7. Centro de servicio de mensajes (SM-SC).

El SM-SC (Short Message Service Center), se encarga de la gestión y administración de los mensajes de texto o SMS (Short Message Service). Entre las funciones principales de este elemento de red están la entrega/recepción y almacenamiento de los mensajes de texto.

2.2.3. Arquitectura de red GPRS.

GPRS implementa el servicio de transmisión de datos sobre una red GSM, complementando las redes de conmutación de circuitos con funcionalidades de la conmutación de paquetes. En base a la arquitectura GSM, la implementación de un sistema GPRS, es relativamente fácil y de bajo costo, por la posibilidad de utilizar la mayor parte del hardware GSM existente, añadiendo tan solo dos nuevos elementos de red: la SGSN (Serving GPRS Support Node) y la GGSN (Gateway GPRS Support

¹⁴ El IMEI o International Mobile Equipment Identity es un código pregrabado en cada teléfono y su función principal es identificar a los dispositivos móviles a nivel mundial. En la mayoría de los casos éste código consta de 15 cifras.

Node), empleados para la gestión del tráfico de paquetes. Además, se requiere incorporar un PCU (Packet Control Unit) en la BSC (Base Station Controller), con el fin de proporcionar a esta, la suficiente inteligencia que le permita de forma dinámica y en función del servicios requerido, enrutar el tráfico ya sea hacia la GSM o GPRS, dando siempre mayor prioridad a los servicios de voz. En base a ello, la transmisión de voz es atendida por la arquitectura GSM y los servicios de datos, como la conexión a Internet, a través de GPRS. GPRS permite velocidad máxima teórica de 171.2 kbps.

2.2.3.1. Elementos Incorporados.

2.2.3.1.1. PCU: Packet Control Unit.

Incorporada en la BSC. Su función principal está relacionada con el enrutamiento de los paquetes que llegan a través de la interfaz aire hacia el núcleo GPRS.

2.2.3.1.2. Nodo de Soporte GPRS de Servicio (SGSN).

La SGSN (Serving GPRS Support Node), es equivalente al MSC pero en redes de computación de paquetes. Su función principal es la de enrutar los paquetes de datos en función de los servicios requeridos por los terminales móviles. Entre las demás funciones se encuentra la gestión de la movilidad del usuario, autenticación, acceso a los servicios en función del perfil de usuario y la tarificación de los mismos.

2.2.3.1.3. Nodo de Soporte del Gateway (GGSN).

La GGSN (Gateway GPRS Support Node), es la puerta de enlace hacia y desde las redes externas, enrutando los paquetes que recibe hacia la SGSN.

La arquitectura GPRS, añade la interfaz Gb, a través de la cual se establece la comunicación de datos entre las BSCs y la SGSN, con lo cual la interfaz A atenderá exclusivamente el tráfico de voz. La Figura 2.13, muestra al arquitectura GSM/GPRS.

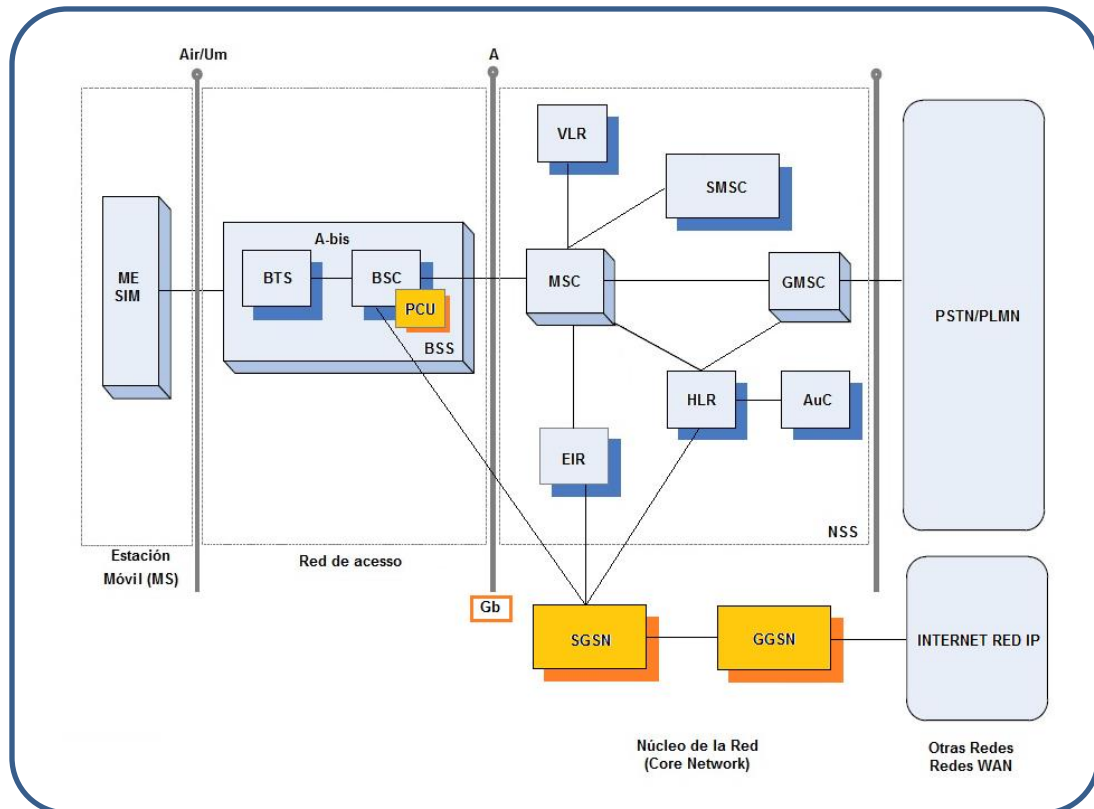


Figura 2.13. Arquitectura GPRS. (Chimbo, 2012)

Bajo esta nueva estructura de red, el acceso al servicio de datos implica varios procesos básicos que deben realizarse en las redes GPRS. La Tabla 2.2 muestra los procesos que implica el acceso a datos en GPRS.

| Proceso | Descripción |
|---|--|
| Vinculación (attach) | La estación móvil se conecta a la SGSN. |
| Autenticación | La SGSN autentifica al suscriptor móvil |
| Activación PDP | Se establece una sesión de datos entre la estación móvil y la red destino |
| Desvinculación (detach) | La estación móvil se desconecta de la SGSN |
| Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP estática | La llamada de datos desde una red de paquetes, alcanza una estación móvil usando una dirección IP estática |
| Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP dinámica | La llamada desde una red de paquetes alcanza, una estación móvil usando una dirección IP dinámica |

Tabla 2.2. Procesos GPRS. (Pachón de la Cruz, 2004)

2.2.4. Arquitectura de red EDGE

La demanda de una mayor tasa de transmisión, determino la necesidad de realizar cambios a nivel de la interfaz aire de los sistemas GSM/GPRS, dando como resultado el sistema EDGE. EDGE, utiliza tanto la infraestructura de radio GSM, así como el acceso de paquetes GPRS. EDGE introduce en GPRS la modulación adaptativa; con la cual se triplicar la tasa de transmisión de bit por símbolo, mejorando de esta manera las velocidades de transmisión en los sistemas GSM/GPRS, de 130 a 473 Kbps. En este nuevo sistema, la red de acceso GSM/GPRS y EDGE, se la denomina GERAN (GSM EDGE Radio Access Network).

2.2.5. Terminales de 2G

Respecto a los terminales móviles GSM, los terminales GPRS y EDGE, requirieron alguna modificaciones para el uso de datos móviles, tales como: cambios a nivel del sistema de operativo (software), pantallas con una mejor resolución y a color

(hardware), baterías más robustas, entre otras. Los terminales de esta generación se clasificaron por el tipo de conexión simultánea establecida con la red GSM/GPRS:

- Clase A: conexión simultánea a GSM y GPRS.
- Clase B: que permite el registro de forma simultánea tanto en GSM como en GPRS, sin embargo no permite el acceso a los servicios GSM y GPRS, simultáneamente.
- Clase C: Permite el registro en la red GSM o GPRS, pero no en las dos al mismo tiempo.

El primer terminal que soportaba las tres tecnologías (GSM/GPRS/EDGE), fue lanzado al mercado en el año 2002, por el fabricante Nokia (Nokia 6200); el terminal permitía funcionalidades avanzadas de voz y de datos, alcanzando velocidades prácticas de hasta 118 kbps. Para mediados del 2005, el mercado de la telefonía móvil contaba con más de 100 modelos disponibles.

2.3. Redes móviles de 3G

El incremento en la demanda del tráfico de datos y el aparecimiento de servicios multimedia, dejaron entrever la insuficiente capacidad de las redes de generación 2G/2.5G, para la atención de estos requerimiento. En base a ello, la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) y un grupo de organismos asociados, desarrollaron en 1998 el proyecto denominado 3GPP (Third Generation Partnership Project), que pretendía establecer los lineamientos de un nuevo sistema móvil, que tomara como base de desarrollo la arquitectura GSM. Es así que dio su aparición, la tercera generación móvil, denominada UMTS (Universal Mobile Telecommunications

System). UMTS, utilizando el protocolo IP para la transmisión de voz y datos de alta velocidad; permitiendo tasas de transmisión prácticas de 200 a 300 kbps y máximas teóricas de hasta 2 Mbps. Esta tecnología es compatible con redes GPRS y EDGE.

La primera versión del sistema UMTS, fue liberada en 1999 por lo cual se la conoce con el nombre de Release 99. Posteriormente se realizaron mejoras en el acceso de radio UMTS, liberando la versión denominada Release 5, que trajo consigo la tecnología HSDPA con mejoras en la tasa de transmisión del enlace de bajada y luego el Release 6, con HSUPA que permitió mejoras en la tasa de transmisión del enlace de subida; juntas conformaron la tecnología denominada HSPA. HSPA introduce mejoras en la transmisión de los paquetes de datos, permitiendo mayores velocidades tanto en bajada como en subida, disminuyendo los retardos en la transmisión e incrementado la capacidad de los sistemas.

2.3.1. Arquitectura de red UMTS.

En UMTS, se definen dos núcleos de red, el primero encargado de los servicios de voz, cuyo dominio es la conmutación de circuitos; y el segundo, encargado de los servicios de datos, con el dominio en la conmutación de paquetes. La arquitectura de red UMTS, está constituida por el núcleo de la red (CN - Core Network), por la red de acceso de radio denominada UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y por los terminales móviles denominados UEs (User Equipment). El núcleo o Core de la red UMTS, cuenta con elementos del dominio de la conmutación de circuitos tales como el MSC, el VLR y el GMSC; de conmutación de paquetes como la SGSN y la GGSN, y con elementos que operan en ambos dominios como lo son el EIR, el HLR y el AuC.

La arquitectura de la red de acceso UTRAN, añade nuevos elementos al acceso de la red: el Nodo B y la RNC (Radio Network Controller); que en conjunto conforman el denominado Sistema de Red de Radio o RNS (Radio Network Systems). La UTRAN puede contener varias RNS, que son controladas de forma independiente por una RNC, esta a su vez contiene a varios Nodos B, a través de los cuales se provee el acceso a los servicios de voz y datos. La Figura 2.14, muestra la arquitectura de una red UMTS en conjunto con una red GSM/GPRS.

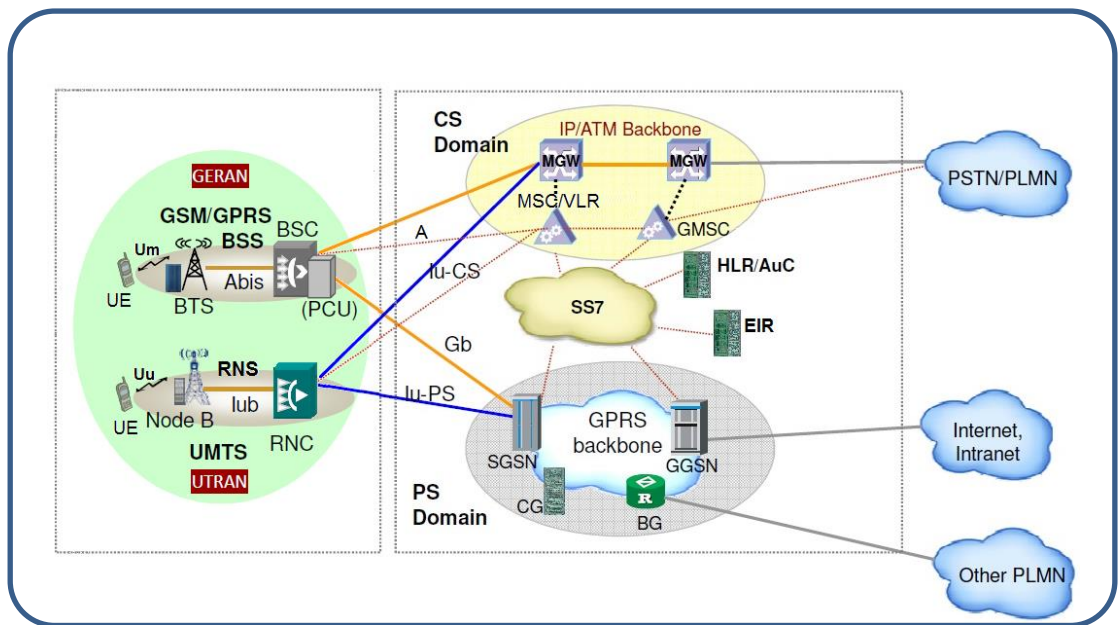


Figura 2.14. Arquitectura UMTS – GSM/GPRS. (Huawei, GSM/UMTS SoftSwitch Core Network Principle, 2008)

2.3.2. Elementos constitutivos.

2.3.2.1. Terminal Móvil (UE: User Equipment).

El terminal UE, es equivalente a la MS en GSM. La diferencia se enmarca en el chip o tarjeta inteligente utilizada en cada una de dichas tecnologías. En UMTS, se utiliza la tarjeta inteligente denominada USIM (UMTS Subscriber Identity Module), que es el módulo de identificación del abonado para este tipo de redes, la cual cumple funciones similares a su homóloga SIM.

2.3.2.2. Red de Acceso de radio (UTRAN).

Como lo mencionado anteriormente, la UTRAN está constituida por varios Nodos B, que son agrupados geográficamente en las RNC. La agrupación de Nodos B y RNC conforman las RNS, que son equivalentes a las BSS en el acceso GERAN de GSM/GPRS. Los terminales móviles se conectan a la UTRAN a través de la interfaz aire Uu. A su vez, la UTRAN se conecta al núcleo de la red UMTS, a través de las interfaces Iu-CS (interfaz de comunicación del dominio de circuitos) y Iu-PS (interfaz de comunicación del dominio de paquetes). La Iu-CS permite la conexión con la MSC y la Iu-PS permite el establecimiento de la conexión con la SGSN. La Figura 2.14, muestra la disposición de estas interfaces dentro de la arquitectura UMTS.

2.3.2.2.1. Nodo-B.

El Nodo B, opera de forma directa con el usuario de la red, permitiendo la transmisión y recepción de la información generada en las celdas de cobertura. Entre sus funciones principales están: proveer los recursos de radio para la transmisión/recepción de la información, conversión y adaptación de los datos en la interfaz aire Uu (esto es

modulación/demodulación y codificación), corrección y cálculo de errores, monitoreo de la potencia de conexión y el monitoreo de la calidad de la señal transmitida.

2.3.2.2.2. Controlador de radio de la Red (RNC).

La RNC controla de forma centralizada a los Nodos B y a su vez se interconecta con otras RNC, con el fin de mantener la continuidad en la comunicación del usuario durante procesos de movilidad. Provee funciones de: control en la gestión de los recursos de radio, control de la movilidad de usuario, control de potencia, control de handover, asignación del canal, segmentación de paquetes y reensamble de la información transmitida.

2.3.2.2.3. Subsistemas de red de radio (RNS).

Constituido por el conjunto de Nodos B y RNCs. Básicamente conforma la red acceso de radio en UMTS.

2.3.2.3. Núcleo de red.

El núcleo de la red UMTS, está constituido por los dominios de circuitos y de paquetes. Permite las funcionalidades de procesamiento y transporte de la información, almacenamiento de datos, provisión de servicios y la facturación de los mismos.

2.3.3. Evolución de las redes 3G.

Con el fin de mejorar el performance del sistema UMTS, se dio paso al desarrollo de nuevas tecnologías, que forman parte de la tercera generación móvil y que se las denomina como tecnologías de la generación 3.5G.

2.3.3.1. HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*).

HSDPA, está definida en el Release 5 de la 3GPP, esta es una solución que incrementa la tasa de transmisión de datos en el enlace de bajada (downlink); entre los beneficios conseguidos con esta tecnología están:

- Altas tasas en la transmisión de datos.
- Mayor capacidad en suscriptores y en procesamiento de la información.
- Reducción de la latencia.
- Mejora en la calidad de la voz.

En HSDPA, los recursos son asignados al usuario, únicamente cuando estos van a ser utilizados, con lo cual el sistema permite un uso eficiente de códigos y de la potencia de transmisión. Con HSDPA, la tasa de transmisión de datos teórica en el enlace de bajada está entre los 7.2 y 14.4 Mbps.

2.3.3.2. HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*).

HSUPA es un estándar definido en el Release 6 de la 3GPP, como una solución de datos de alta velocidad para el enlace de subida (uplink), con ella es posible alcanzar velocidades teóricas de hasta 5.76 Mbps en la interface Uu, que comunica al terminal de usuario con la red de acceso. Entre sus beneficios esta:

- Menor latencia en el enlace de subida.
- Mejor cobertura y capacidad del uplink.
- Mejora el control de QoS y el uso de los recursos

2.3.3.3. HSPA (*High Speed Packet Access*).

La combinación de las tecnologías, HSDPA y HSUPA, del Release 5 y 6 de la 3GPP, respectivamente, constituyen el estándar denominado HSPA, el cual proporciona mejoras significativas de velocidad y latencia, tanto en el enlace de bajada como en el de subida. Posteriormente, en el Release 7 de la 3GPP, se introduce el estándar denominado HSPA+, que básicamente se constituye en la evolución de HSPA. El nuevo estándar, está enfocado en:

- Reducir más aun la latencia en los servicios.
- Incrementar las tasas pico de velocidad.
- Incrementar la velocidad del sistema.
- Reducir el consumo de la potencia en los terminales móviles.
- Incrementar la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico.

HSPA+ implanta el uso de técnicas de MIMO, para incrementar la tasa de datos y la capacidad del sistema. Además, introduce en el enlace de bajada, esquemas de modulación que permiten incrementar el número de bit por cada símbolo enviado (64 QAM). Las tasas pico teóricas en el enlace de baja, que se pueden alcanzar con HSPA+, van desde los 21 hasta los 100 Mbps.

2.3.4. Terminales de 3G.

Los terminales de la tercera generación móvil, se clasifican en categorías y no en clases como en sus antecesores. Las categorías de los terminales 3G, están determinadas por el número de canales que estos utilizan de manera simultánea para acceder a la red. Los terminales de esta generación se caracterizan básicamente por su diseño innovador,

tanto a nivel de hardware como de software. Los mismos cuentan con: procesadores de alta capacidad, interfaz de usuario táctil con mayor resistencia, mejor sensibilidad y mayor resolución de pantalla; además, permiten funcionalidades adicionales tales como: cámaras digitales, reproductores de audio y video, radio FM, GPS, entre otros. Cabe señalar que estos terminales son compatibles con tecnologías antecesoras, lo cual fortalece la convergencia de redes.

2.4. Redes móviles de 4G

A pesar de las mejoras logradas con los Releases 5, 6 y 7 de la 3GPP; las redes UMTS advierten de varias desventajas en el sistema, tales como: cobertura limitada, tasa de transmisión proporcional a la ubicación del usuario, reducción de la calidad de la señal debido a efectos de movilidad, aumento en costo de mantenimiento y operación debido a la coexistencia de redes de conmutación de circuitos y de paquetes y la poca flexibilidad en el uso de las frecuencias. Estas limitantes, impulsaron al desarrollo de una nueva tecnología denominada Long Term Evolution (LTE), que sin ser como tal de cuarta generación, representa el mejor prospecto de estudio para esta generación. LTE, está definido inicialmente en el Release 8 de la 3GPP, y sus posteriores mejoras hasta el Release 11. La Figura 2.15, muestra la evolución paralela e interrelacionada de las tecnologías de 3G y 4G.

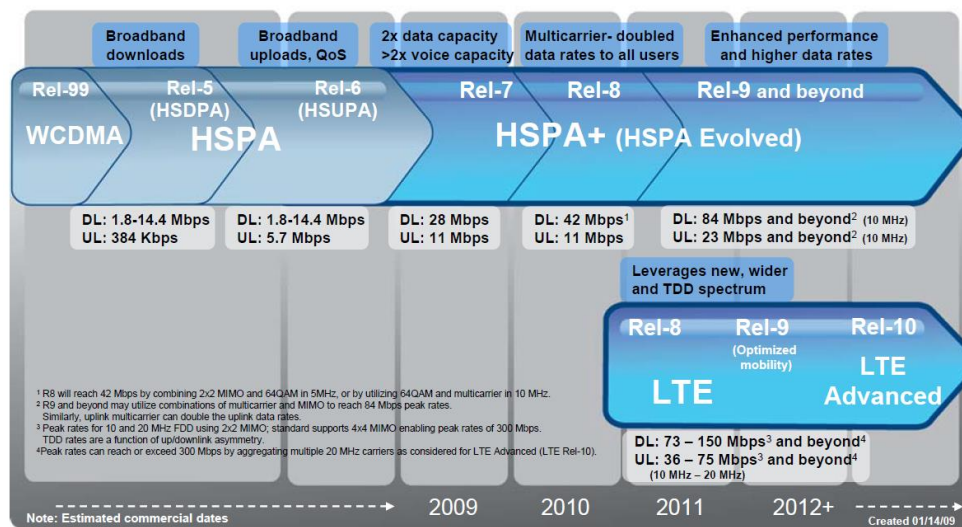


Figura 2.15. Evolución UMTS – Release 99 al Release 11. (QUALCOMM, 2009)

2.4.1. Introducción al estándar LTE

LTE, es una tecnología estandarizada por la 3GPP, con la misión primordial de incrementar de forma significativa la tasa de transmisión ofrecida por las redes móviles antecesoras. Los objetivos principales que persigue esta tecnología son:

- Permitir la compatibilidad tecnológica con sistemas predecesores.
- Mejorar la QoS (Quality of Service)¹⁵ en toda la arquitectura de la red.
- Asegurar que la coexistencia operacional entre redes LTE y 2G/3G, sea transparente para el usuario final.
- Permitir tasas reales en la transmisión de datos, de al menos 100 Mbps en el enlace de bajada y 50 Mbps en subida. (Velocidades teóricas downlink de 326 Mbps y en uplink de 86.4 Mbps).

¹⁵ La Calidad de Servicio (QoS): es la capacidad de una red de proveer una garantía y control en la asignación de recursos y una diferenciación de servicios conforme a las aplicaciones que los soliciten

- Proveer flexibilidad y escalabilidad entre bandas de frecuencia.
- Mantener estable la calidad de la señal en escenarios de múltiple trayectoria.
- Incrementar el área de cobertura de las celdas y la capacidad del sistema.

Además de los objetivos planteados, LTE busca disminuir el retardo que implica el procesamiento de las señales en la interfaz aire; mientras que en HSPA+ este retardo es de 50ms, en LTE, este valor está por debajo de los 10 ms. La Tabla 2.3, resumen las especificaciones técnicas de LTE.

| Métricas | Especificaciones |
|--|---|
| Velocidad Máxima (para un espectro de 20 MHz) | DL: 173 Mbps 2x2, 326 Mbps 4x4 UL: 86 Mbps 1x2 |
| Acceso de Radio | Downlink: OFDMA Uplink: SC-FDMA |
| MIMO | Downlink: 2x2,4x2,4x4 Uplink: 1x2,1x4 |
| Soporte de Movilidad | Hasta 350 Km/h |
| Latencia del Plano de Control (Tiempo de transición al estado activo) | Menor a 10 ms para pasar de idle a active |
| Latencia del Plano de Usuario | Menor a 5 ms |
| Capacidad del Plano de Control | Más de 200 usuarios por celda (para un espectro de 5 MHz) |
| Cobertura (Tamaño de las celdas) | Rendimiento óptimo hasta 5 Km, efectivo hasta 30 km y limitado hasta 100 Km |
| Flexibilidad Espectral | 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 MHz |
| Modos Transmisión | TDD, FDD, Half-duplex FDD |
| Modulación Adaptativa | QPSK, 16QAM y 64AM |

Tabla 2.3. Especificaciones LTE. (López, 2011) (Huawie, 2013)

2.4.2. Arquitectura de red LTE.

La arquitectura LTE tiene como base principal las siguientes consideraciones: red únicamente de conmutación de paquetes, que permite una baja latencia y con costo de operación y mantenimiento reducido. Para alcanzar estos principios, se planteó una arquitectura con la menor cantidad de elementos de red posibles. En base a ello, la arquitectura de red de LTE, está compuesta por dos bloques generales: el de la red de acceso denominada E-UTRAN (Evolved - UMTS Terrestrial Radio Access Network) y el del núcleo de la red, denominado EPC (Evolved Packet Core); la agrupación de estos dos, recibe el nombre de EPS (Evolved Packet System). La Figura 2.16 muestra la arquitectura de red la LTE y los elementos que constituyen cada una de sus etapas.

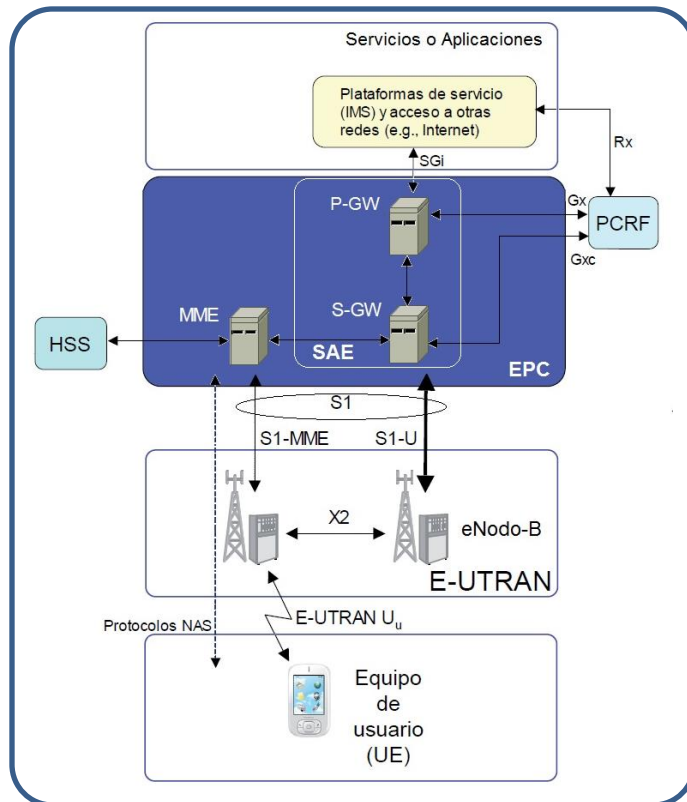


Figura 2.16. Arquitectura LTE/EPS. (Agusti, R.,Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent,O., 2010)

2.4.2.1. Elementos constitutivos.

2.4.2.1.1. Terminal Móvil (UE: User Equipment).

En este caso el terminal de usuario, es más robusto que sus antecesores, pues debe soportar mayores tasas de velocidades en la transferencia de datos y además aplicaciones multimedia de alta definición (juegos en líneas, videos HD, etc).

2.4.2.1.2. EPS (Evolved Packet System).

Básicamente la EPS, hace referencia a toda la arquitectura LTE, la cual está conformada por el terminal de usuario, la red de acceso E-UTRAN y el núcleo EPC.

Entre las funciones de la red EPS están:

- Funciones de control de acceso a la red.
- Funciones de gestión de movilidad.
- Funciones de seguridad.
- Funciones de administración de los recursos de radio.
- Función de transferencia y enrutamiento de paquetes.
- *Red de Acceso E-UTRAN.*

La E-UTRAN, está compuesta por una sola entidad de red denominada eNode-B (evolved Node B). El eNode-B permite la conectividad entre los terminales de usuario y el núcleo de la red EPC, desempeñando funciones similares a las realizadas por el conjunto de BTS y BSC en GSM, Nodo-B y RNC en UMTS. En este sentido, las funciones que realizan los eNode-B incluyen:

- ✓ La gestión de los recursos de radio, para el enlace de bajada y subida.
- ✓ Control de la movilidad del usuario.

- ✓ Control de la interferencia entre eNode-B.
 - ✓ Re-ensamble, codificación, envío y recepción de paquetes IP.
 - ✓ Selección dinámica de la entidad MME (Mobility Management Entity) tras el registro en la red LTE.
 - ✓ Generación de reportes y monitoreo de los parámetros de conexión en el terminal de usuario.
- *Núcleo de red EPC (EPC-Evolved Packet Core).*

El núcleo EPC, es el responsable de proporcionar el servicio de conectividad IP para la transmisión de voz y datos, lo que permite la interoperabilidad con los servicios de redes móviles y fijas. Las entidades de red que conforman el EPC son: el MME (Mobility Management Entity), el S-GW (Serving Gateway) y el P-GW (Packet Data Network Gateway), entidades netamente encargadas del procesamiento de las señales del plano de control y de usuario. Adicionalmente, la EPC contiene también una base de datos denominada HSS (Home Subscriber Server), que básicamente viene a constituirse como la evolución del HLR de las redes 3G. Existen también elementos encargados de la tarificación de servicios y procesamiento de los registros de llamadas, tales como el PCRF (Policy Control and Charging Rules Function) y el CG (Charging Gateway)

- *Entidad de Administración de la Movilidad (MME).*

Las redes LTE, para mejorar la capacidad del sistema, separan el tráfico de control del tráfico de usuario en sus diferentes elementos de red. En el caso de la MME (Mobility Management Entity), esta trabaja netamente en el plano de control, es decir en el procesamiento de la señalización. El MME permite el establecimiento de la

conexión entre el eNode-B y el terminal de usuario de una manera segura; además, gestiona la movilidad del usuario dentro de una determinada área de cobertura, estableciendo comunicación con otros MME para conocer en todo tiempo la posición del usuario. También se encarga de los proceso de autenticación de usuarios, para lo cual se ayuda de la información almacenada en el HSS. A continuación se enlistan las funcionalidades que permite el MME:

- ✓ Administración de la Movilidad.
 - ✓ Control de las sesiones.
 - ✓ Control de acceso y autenticación del terminal de usuario.
 - ✓ Administración de listas de Tracking Áreas (celdas de cobertura).
 - ✓ Señalización y encriptación de EPC.
 - ✓ Selección del P-GW y S-GW
 - ✓ Selección de la SGSN para el handover con redes acceso 2G/3G.
 - ✓ Administración de los recursos de radio (Bearer).
 - ✓ Reglas para intercepción del tráfico de señalización.
 - ✓ Seguridad en la señalización.
- *Puerto de Enlace de Servicio (S-GW - Serving Gateway.)*

El S-GW, es el equivalente de la SGSN de las redes 3G. Se define como un punto de anclaje en el plano del usuario o de interconexión con la red de acceso. Lleva en control de la movilidad entre los e-NodesB (Handover) y además realiza el enrutamiento y envío de los paquetes de datos. A continuación se detallan las funcionalidades que permite el S-GW:

- ✓ Punto de anclaje de movilidad local para el handover entre los e-NodeB.
- ✓ Ayuda al e-NodeB, en el enrutamiento de paquetes durante los procesos de handover entre nodos.
- ✓ Punto de anclaje local para la movilidad entre redes.
- ✓ Retención temporal de paquetes IP cuando el usuario no se encuentra conectado.
- *Puerto de Enlace hacia Red de Paquetes de Datos (P-GW).*

El P-GW (Packet Data Network Gateway), es equivalente a la GGSN de las redes 3G. Se encarga de la conectividad con las redes externas de paquetes de datos. Controla la asignación de direccionamiento IP y de la creación de los Bearers. Entre las funciones que cumple el P-GW están:

- ✓ Realiza la inspección, verificación y filtrado de paquetes válidos.
- ✓ Control de la tarificación y del uso de la red.
- ✓ Asignación de la dirección IP para el terminal de usuario.
- ✓ Soporte para la interconexión entre múltiples redes.
- ✓ Soporta la marcación de paquetes en el enlace de subida y bajada en función de la priorización del envío.
- ✓ Aplicación de las reglas de uso de la red y control de tarificación en función de los servicios contratados.
- ✓ Generación de CDR, por volumen y tiempo.
- ✓ Generación de CDR para conciliación de tráfico con otras operadoras.

- *HSS (Home Subscriber Server).*

El HSS, es equivalente al HLR de las redes 3G. Es una base de datos que contiene la información, tanto fija como temporal, de los usuarios de la red, tales como: información del perfil de usuario, claves de seguridad, ubicación del usuario dentro de la red, además de la identificación universal del usuario y del número de servicio (IMSI y en MSISDN). Básicamente el HSS, agrupa funcionalidades del HLR y el AuC; su estándar está definido en el Release 5 de la 3GPP. En resumen, el HSS cumple las siguientes funciones:

- ✓ Autenticación y registro de usuario.
- ✓ Transferencia del perfil de usuario hacia la MME.
- ✓ Restricciones de Roaming.
- ✓ Restricciones de servicios (barring level).

- *Función de política y reglas de cargas (PCRF)*

El PCRF (Policy Control and Charging Rules Function), es un elemento clave para los sistemas 3GPP, fue definido en el Release 7. El PCRF, es la plataforma encargada de crear las reglas de tarificación que van a aplicarse al tráfico de usuario, en función del servicio contratado; se enfoca netamente al tráfico postpago. Entre sus funciones están:

- ✓ Administración de políticas de servicios.
- ✓ Administración de recursos.
- ✓ Control dinámico de la QoS.
- ✓ Aplicación de políticas por tipo de usuario y servicio.
- ✓ Aplicación de políticas por volumen y tiempo de servicio.

2.4.2.2. Terminales de 4G.

En LTE, se clasifican a los terminales móviles en categorías, las cuales están relacionadas con la tasa de transmisión del enlace de baja y de subida, del arreglo de múltiples antenas en el receptor y transmisor, así como también de los esquemas de modulación que puede soportar dichos terminales. La Tabla 2.4 muestra las categorías de los dispositivos LTE y sus características principales.

| Categoría | Tasa de Transmisión en DL/UL | Tipo de MIMO | Modulación |
|------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Categoría 1 | 10.3 Mbps / 5.2 Mbps | 1 | QPSK/16QAM |
| Categoría 2 | 51.0 Mbps / 25.5 Mbps | 2 | QPSK/16QAM |
| Categoría 3 | 102.0 Mbps / 51.0 Mbps | 2 | QPSK/16QAM |
| Categoría 4 | 150.8 Mbps / 51.0 Mbps | 2 | QPSK/16QAM |
| Categoría 5 | 302.7 Mbps / 75.4 Mbps | 4 | QPSK/16QAM / 64QAM |

Tabla 2.4. Categorías de dispositivos LTE y sus características. (Vergara, M., 2013)

2.4.3. Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica y el mundo.

Según informe de la “4G Americas” publicado el 11 de marzo del 2015; LTE alcanzó 498 millones de conexiones alrededor del mundo para finales del 2014. Del total de conexión, 164 millones fueron desplegadas en Norte América, es decir, el 33% del total. Entre los años 2013 y 2014, en la región Asia-Pacífico, se desplegaron 233 millones de conexiones LTE, mientras que en Europa Occidental se llegó a la suma de 50 millones de conexiones. A nivel mundial actualmente, se tiene desplegadas 367 redes LTE en 121 países; el crecimiento anual estimado de dichas conexiones, se sitúa en el 141%.

Latinoamérica, por su parte, ha experimento un crecimiento significativo de redes LTE, pasando de 2 millones a 12 millones de conexiones en tan solo 12 meses, lo que significó un crecimiento de aproximadamente el 500%.

Entre los países sudamericanos pioneros en redes LTE están: Puerto Rico, Brasil y Chile, que desplegaron sus redes LTE entre los años 2011 y 2014. El informe de la “4G Americas”, señala que en Latinoamérica y el Caribe, actualmente existen desplegadas alrededor de 59 redes LTE comerciales. (BELLEVUE, 2015) (Milla, 2006)

En la Tabla 2.5 y en la Figura 2.17, se muestran las estadísticas de la cantidad de conexión LTE activas en todo el mundo, con datos actualizados a marzo del 2015 y, distribución por regiones.

| Región | Nro. de conexiones LTE en Millones / Participación de mercado |
|--------------------------------|--|
| Pacífico Asiático | 233 / 46.8% |
| USA y Canadá | 164 / 32.9% |
| Europa (del Este y Occidental) | 50 / 10% |
| Medio Oriente | 32 / 6.4% |
| América latina y el Caribe | 12 / 2.4% |
| África | 7 / 1.4% |
| TOTAL | 498 millones |

Tabla 2.5. Conexiones LTE y participación en el mercado mundial - marzo 2015.
Elaborado por Autor.

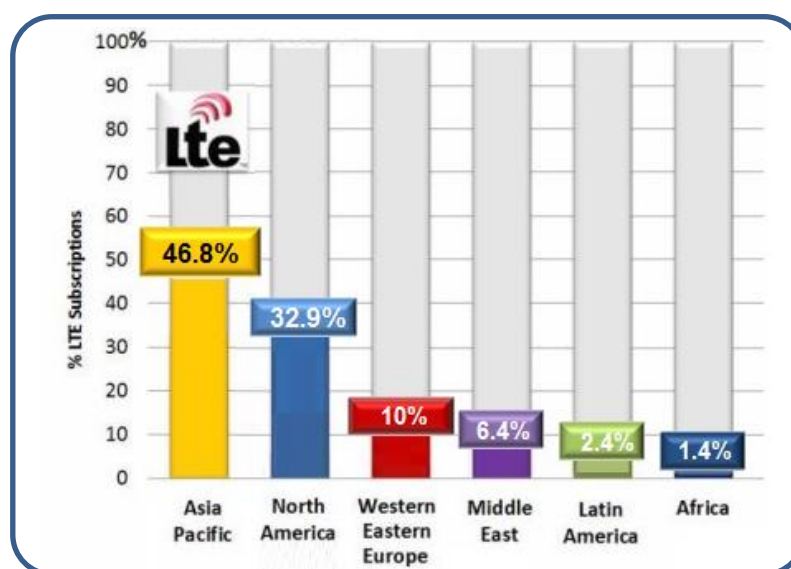


Figura 2.17. Conexiones LTE y participación en el mercado mundial (marzo 2015).
Elaborado por Autor.

2.5. Redes IMS

2.5.1. Historia de IMS.

El Subsistema Multimedia IP (IMS - Internet Multimedia Subsystem), es una arquitectura que utiliza el protocolo IP para la transmisión de la información y el protocolo SIP para el transporte de la señalización; básicamente se trata de una arquitectura todo IP. IMS fue definida en el Release 5 de la 3GPP, como parte del cambio de las redes de conmutación de circuitos hacia las redes de paquetes. Fue un desarrollo conjunto elaborado por los organismos de estandarización 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2), ETSI y la IETF (Internet Engineering Task Force). A pesar de que IMS ya fue incluida en los estándares de redes de 3G, su aplicación en las redes LTE explota por completo todas sus funcionalidades.

IMS fue mejorada en los Releases 6 y 7 de la 3GPP. La Figura 2.18, muestra la evolución de IMS en la 3GPP.

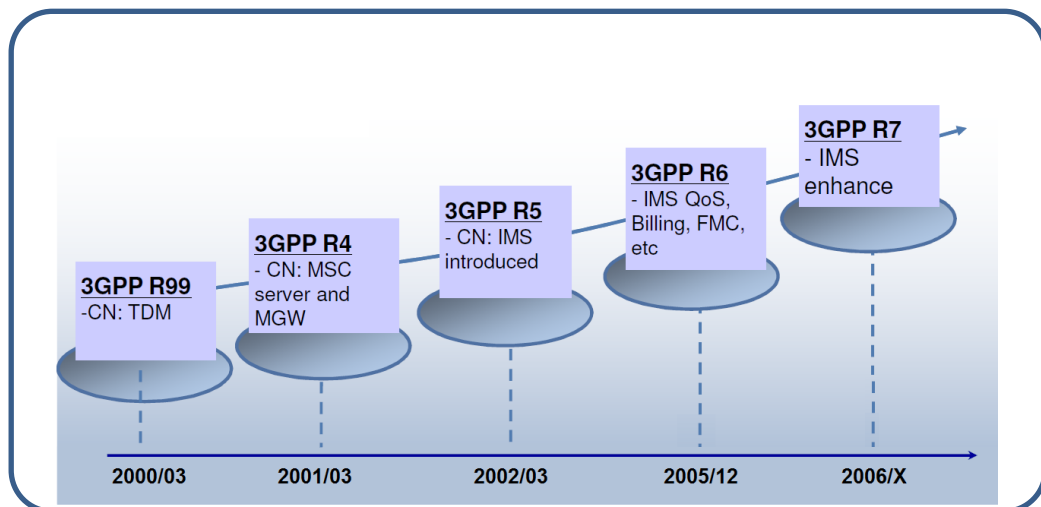


Figura 2.18. Histórico IMS – Release 3GPP. (Huawei, IMS Network Architecture, 2010)

IMS se enfoca en definir la infraestructura y la capacidad de la red necesaria, que el operador puede utilizar para la explotación de nuevos servicios. IMS propone una arquitectura de red común, a través de la cual las operadoras de red pueden brindar servicios combinados o independientes, esto con el fin de reducir el tiempo en el desarrollo de productos y los costos del equipamiento requerido. Los servicios que se pueden brindar a través de la plataforma IMS, pueden ir desde servicios convencionales como: llamadas de voz, SMS, MMS, correo electrónico, entre otras; o servicios avanzados y con características multimedia como por ejemplo: transmisión de TV, videojuegos online, videoconferencia, números de servicios único, etc.

De forma estratégica, IMS permitirá los siguientes beneficios para los operadores que opten por su implementación:

- Reducción de los costos, tanto en infraestructura como en personal.
- Alta escalabilidad.
- Acelerada recuperación de capital e incremento en el flujo de caja por el despliegue de nuevos servicios.
- Despliegue acelerado de nuevos servicios, enfocados a la necesidad del cliente.
- Considerable incremento de las ventas.

2.5.2. Principales Características de IMS.

- IMS utiliza SIP (Session Initiation Protocol) como protocolo de control de las sesiones (llamadas de voz o datos). SIP permite el establecimiento, mantenimiento y finalización de las sesiones levantadas entre usuarios IMS.

- Soporta direccionamiento IPv4 e IPv4/IPv6. La principal ventaja de utilizar direccionamiento IPv6, es la disponibilidad de una mayor cantidad de direcciones IP.
- El IMS soporta múltiples mecanismos de autenticación y brinda funciones de seguridad, tales como IPSec ESP (Internet Protocol Security - Encapsulating Security Payload)¹⁶, filtrado de la señalización SIP y ocultamiento de topología de red.
- Para el aprovisionamiento y transporte de servicios multimedia, IMS utiliza los protocolos RTP (Real Time Protocol) y RTCP (Real Time Control Protocol).
- Para el aseguramiento la QoS extremo a extremo IMS utiliza los protocolos RSVP (Resource Servation Protocol) y DiffServ¹⁷.
- La identificación de los usuarios, de servicios y de nodos de la red; se lo realiza mediante el uso de etiquetas con formato de correo electrónico, denominados URIs (Universal Resource Identifier).

2.5.3. Arquitectura de red IMS.

La arquitectura desarrollada para IMS se basa tres capas: capa de transporte, capa de control y capa de aplicación. La capa de transporte es dependiente de la tecnología de acceso y está constituida por la infraestructura de red IP que proporciona el medio de transmisión para el flujo de datos enviado desde los terminales sean fijo o móviles.

¹⁶ IPsec: conjunto de protocolos que aseguran las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP de un flujo de datos.

¹⁷ DiffServes, llamado Soft-QoS Es el modelo de QoS más reciente diseñado para superar las limitaciones de los modelos anteriores (BE y IntServ)

En la capa de control permite la gestión de las sesiones establecidas y la interconexión con las redes telefónicas fijas convencionales; en esta se encuentra elementos de red que permiten el flujo de la señalización SIP. Por último, está la capa de aplicación, conformada por los servidores de aplicación que proporcionan los diferentes servicios IMS. La Figura 2.19, muestra la estructura básica para el aprovisionamiento de servicios IMS.

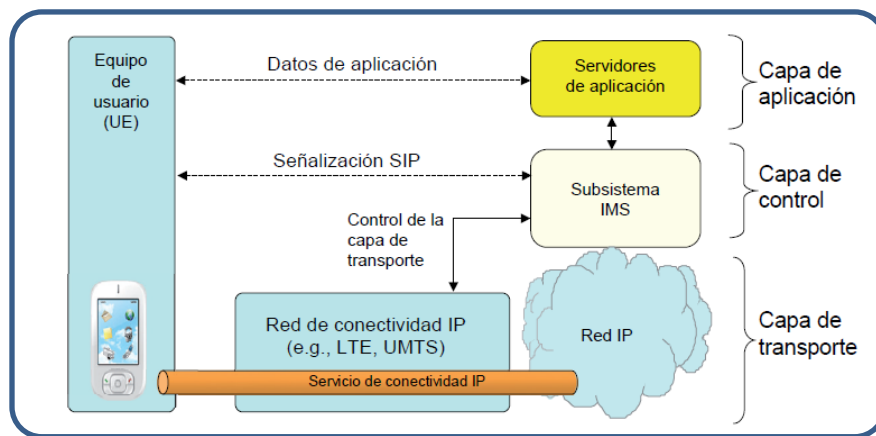


Figura 2.19. Estructura básica de aprovisionamiento IMS. (Agusti, R.,Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent,O., 2010)

Básicamente, IMS opera entre la capa de aplicaciones/servicios y la capa de acceso, lo cual permite a esta tecnología una independencia total de la red de acceso, esto significa que IMS no depende del medio de acceso para la prestación de un determinado servicio. La arquitectura IMS, está conformada por cuatro elementos o entidades de red principales:

- La entidad CSCF (Call State Control Function), que interconecta la capa de acceso con la de aplicación, esto con el fin de garantizar la QoS.

- El HSS, es la base de datos equivalente al HLR de 3G, pero permite funcionalidades de control IP.
- El MRFC (Multimedia Resource Function Controller), a través del cual se realiza la gestión y el control de los recursos multimedia.
- El MRFP (Multimedia Resource Function Procesor), el cual procesa el flujo de datos IP. La Figura 2.20, muestra la arquitectura de IMS.

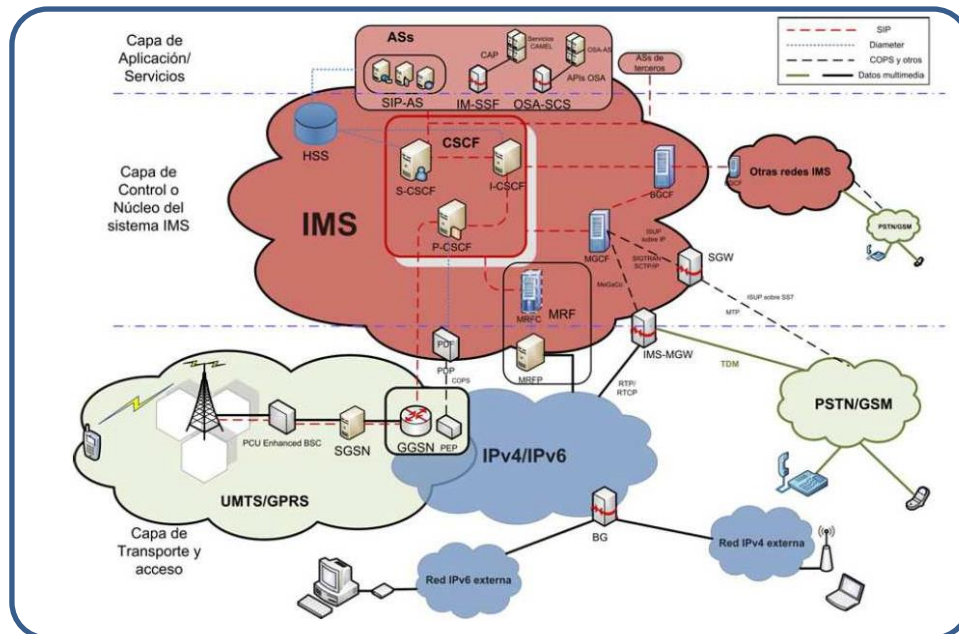


Figura 2.20. Arquitectura IMS. (Edadmovil, Arquitectura IMS, 2012)

2.5.3.1. Elementos constitutivos.

2.5.3.1.1. Función de Control de Sesión (CSCF).

El CSCF (Call State Control Function), es el elemento central del núcleo IMS, lo integran los subsistemas: P-CSCF (Proxy CSCF), S-CSCF (Serving CSCF) y I-CSCF (Interrogating CSCF). Entre las funciones que estos realizan de forma conjunta están: el

registro de usuario y la autenticación de los mismos, enrutamiento y procesamiento de la señalización, aprovisionamiento de servicios y generación de CDR.

2.5.3.1.2. Servicio de la Función de Control de Sesión (S-CSCF).

Es S-CSCF, es el encargado del mantenimiento y control de las sesiones IMS establecidas. Realiza también los procesos de registro y autenticación de usuarios IMS para el aprovisionamiento de servicios. Las principales funciones de la entidad S-CSCF son:

- Procesa las solicitudes de los registros SIP.
- Realiza el control de las sesiones, ejecutando los procesos de establecimiento, mantenimiento y finalización de las sesiones.
- Proporciona políticas de seguridad para garantizar la integridad de las sesiones.
- Interactúa con los Servidores de Aplicación (SA) realizando el control de los servicios solicitado.
- Generación de CDRs

2.5.3.1.3. Proxy de la Función de Control de Sesión (P-CSCF).

El P-CSCF, es un servidor IP cuya funcionalidad principal es la de ser la puerta de entrada hacia el subsistema IMS, a través de la cual se enruta toda la señalización proveniente de la red IP y generada por los terminales UMTS/LTE. El P-CSCF interactúa con el PCRF para la aplicación de políticas y control de tarificación. Sus funciones principales son:

- Enrutamiento de la señalización entre los terminales SIP y el núcleo IMS.
- Ejecución de políticas de control establecidas por el operador.

- Control del QoS durante la ejecución de sesiones.
- Control de los recursos utilizados.

2.5.3.1.4. *Interrogación de la Función de Control de Sesión (I-CSCF).*

El I-CSCF, se encarga del enrutamiento de la señalización SIP proveniente de redes externas. Sus funciones principales son:

- Asigna el S-CSCF a los requerimientos de los usuarios SIP registrados.
- Enrutamiento de mensajes SIP provenientes de redes externas hacia el S-CSCF.
- Enrutamiento de mensajes SIP provenientes de otras entidades.
- Opera de forma conjunta con el HSS para obtener la dirección del S-CSCF.
- Enrutamiento de mensajes SIP y señalización enviada por otras entidades.
- Enmarcar la topología y capacidad de la red.

2.5.3.1.5. *Función de control de la puerta de enlace de medios (MGCF).*

El MGCF (Media Gateway Control Function), es la encargada de interconectar el núcleo de la red IMS con las redes de telefonía convencional, sean fijas o móviles, tales como: la PSTN y la GSM. En esta entidad es donde se realiza la conversión de la señalización SIP a la señalización utilizada por las redes telefónicas convencionales (SIP a ISUP o viceversa), para conseguir el establecimiento de sesiones.

2.5.3.1.6. *Función de Control de Puerta de Enlace (BGCF).*

El BGCF (Border Gateway Control Function), permite seleccionar la entidad de red más cercana de acceso hacia la PSTN. El BGCF determina el punto de acceso de la sesión establecida desde o hacia la PSTN y en base a ello enruta el tráfico de la sesión hacia el MGCF más cercano. Si el enrutamiento del servicio corresponde a otra red IMS,

el BGCF local establecerá conexión con el BGCF de la red visitada y enviará el flujo de la señalización de dicha sesión.

2.5.3.1.7. *Función de Recursos de Medio (MRF).*

El MRF (Multimedia Resource Function), proporciona los recursos multimedia que la red necesita para la atención de las sesiones. El MRF está integrado por dos subsistemas: El MRFP, que implementa funciones relacionados con los recursos multimedia, tales como: anuncios, conferencia tripartita, tonos de servicios, conversión de códec de audio, etc; y el MRFC, que controla el flujo de los recursos multimedia del MRFP vía interfaz H.248¹⁸; además interpreta la información proveniente de los servidores de aplicación y genera CDR.

2.5.3.1.8. *Puerta de Señalización (SGW - Signaling Gateway).*

El SGW, realiza la conversión de señalización a nivel de la capa de transporte, entre redes basadas en el protocolo SS7 (GPRS) y redes basadas en protocolo IP (HSPA+).

2.5.3.1.9. *Función de decisión de Políticas (PDF).*

PDF (Policy decision function), actúa como un punto de control para la aplicación de políticas de servicio y control de los recursos de radio. El PDF puede ser una entidad lógica que forma parte del P-CSCF o ser un elemento de red independiente.

¹⁸ H.248: H.248 (también conocido como protocolo Megaco), es un protocolo de control definido por la UIT, que permite definir el mecanismo necesario de llamada para permitir a un controlador Media Gateway el control de puertas de enlace (MGW) para soporte de llamadas de voz/fax entre redes RTC (red telefónica conmutada)-IP o IP-IP

2.5.3.1.10. *Home Subscriber Server (HSS).*

De igual forma que el HRL en redes UMTS, el HSS es una base de datos que contiene la información relacionada con el usuario, la cual a su vez es utilizada por las demás entidades del núcleo de la red para el procesamiento de llamadas o sesiones de datos, como por ejemplo la CSCF. Una red IMS puede contener varios uno o varios HSS, el número de los mismos dependerá de la cantidad de usuarios atendidos, de la capacidad de los equipos y de la arquitectura de la red. El HSS provee las funciones de:

- ✓ Almacenamiento de la información y perfil de usuario.
- ✓ Almacenamiento de la información de seguridad para los procesos de autenticación y registro.
- ✓ Información de identificación de usuario, numeración y direccionamiento.
- ✓ Soporte a los servidores IP para el control de llamadas, procesos de roaming, resolución de direcciones IP y localización geográfica.

2.5.3.1.11. *Función de Localización de Abonados (SLF).*

El SLF (Subscription Locator Function), es una entidad de red utilizada en arquitectura que contiene más de un HSS. Bajo este escenario y durante los procesos de registro y establecimiento de la sesión, el I-CSCF y el S-CSCF, consulta al SLF acerca del HSS que contiene la información de usuario.

2.5.3.1.12. *Servidores de aplicación (AS).*

El SA, es un servidor de aplicaciones, en donde se encuentra la parte lógica del sistema, provee funcionalidades de: Servidor de aplicaciones SIP, Servidor de aplicación OSA y IM-SSF CAMEL.

- SIP AS (SIP Application Server), encargo de la provisión de servicios SIP.
- OSA-SCS (Open Service Access-Service Capability Server), que alberga la lógica del servicio de la red IMS.
- IM-SSF (IP Multimedia Service Switching Function), a través de la cual, IMS interactúa con los mecanismos de red inteligente que soportan las redes 3GPP, como por ejemplo los servicios CAMEL¹⁹.

2.5.3.2. Señalización IMS.

La señalización en IMS se la realiza a través del protocolo SIP, con el cual es posible realizar el establecimiento, mantenimiento y liberación de las sesiones; además permite realizar el registro de usuarios, enrutamiento de sesiones y activación de servicios suplementarios.

SIP es un protocolo de aplicación, que no depende de los protocolos de transporte utilizado, por lo cual es posible realizar cualquier tipo de sesión, sin importar el medio de acceso. Sin embargo, no todos los dispositivos de la red, soportan los mismos servicios, por lo cual es necesario realizar la negociación de las características de las sesiones establecidas así como también de la QoS que se podría asignar a cada sesión. En IMS, la QoS soportada, es más robusta y dinámica que el de las redes convencionales, por lo cual es posible mantener un continuo monitoreo de la QoS,

¹⁹ CAMEL(Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic): representa la extensión de los conceptos de red inteligente a una red GSM multioperador tales como: iniciar y terminar llamadas telefónicas, funciones, usar minutos de prepago, y opciones de suscriptor personales, como correo de voz, mensajes grabados y tonos de llamada.

considerando parámetros como el ancho de banda utilizado, seguridad de la sesión y de latencia del sistema.

2.5.3.3. *Convergencia de servicios sobre redes IMS.*

Varios sectores tecnológicos, como el de las telecomunicaciones, sistemas informáticos y de los medios de comunicación televisiva o radiada, han migrados sus sistemas hacia tecnologías IP. En base a ello, se espera que para los próximos años, las fronteras entre las tecnologías de acceso y de servicios, desaparezcan en su totalidad, dando como resultado arquitecturas tecnológicas homogéneas, convergentes e independientes del tipo de acceso utilizado.

IMS, como tecnología convergente, permite la integración de las redes de voz con las de datos; además, provee de funcionalidades multimedia basados en SIP y el uso de aplicaciones informáticas convergentes. IMS, como un servicio de red convergente, presenta una arquitectura de servicio horizontal, con la cual las funcionalidades de la red, pueden ser reutilizadas por múltiples aplicaciones.

2.5.4. *Voz sobre redes LTE (VoLTE).*

VoLTE, es el término utilizado para definir las transmisiones de voz sobre redes LTE. Su desarrollo e implementación están ligados a la solución IMS, con la cual se especifican los requerimientos mínimos que deben cumplir las redes y sus elementos, para la prestación de servicios de voz con alta calidad. Con VoLTE, los usuarios tendrán a su alcance, servicios de comunicación innovadores, tales como: video llamada de alta calidad, mensajería IP, conferencia HD y propiamente los servicios de voz HD.

2.5.4.1. *Introducción al Estándar VoLTE.*

La arquitectura de la red LTE, es una arquitectura completamente IP, diseñada para la transmisión de datos y no de voz como en las redes convenciones de telefonía fija o móvil. Esta limitante, ha impulsado el desarrollo de técnicas que permitan la transmisión de la voz sobre LTE, una de ella es CSFB (Circuit Switched Fallback), con la cual es posible redirigir las llamadas de voz hacia el dominio de circuitos, presente en las redes de 2G/3G. Para que CSFB tenga éxito, es necesario que la infraestructura de red 2G/3G tenga una mayor cobertura que la LTE; con lo cual las llamadas de voz serán completadas sin ninguna dificultad. Esta técnica es utilizada en las etapas iniciales de implementación de LTE.

Otra forma de permitir la transmisión de la voz sobre redes LTE, es mediante el uso de los servicios VoIP OTT (Voice IP Over-the-top), que en esencia son un conjunto de aplicaciones, embebidas en los terminales móviles con el fin de permitir la trasferencia de la voz sobre IP.

Finalmente, la técnica más recomendada para el despliegue comercial de la voz sobre redes LTE, corresponde al estándar denominada VoLTE, descrito en el documento “IR.92 - IMS Profile for Voice and SMS” de la GSMA. Básicamente lo que se pretende, es replicar el procesamiento de la voz ofrecido en las redes fijas y móviles convencionales, pero ajustadas a una arquitectura de red totalmente IP, como lo es IMS. VoLTE, de igual forma que las redes convencionales de voz, proporciona los mismo servicios de voz, pero con características de alta calidad, principalmente debido al uso códecs de audio para banda ancha y a la reducción del tiempo en el estableciendo de las

llamadas. En las redes VoLTE, las llamadas de voz, reciben un tratamiento similar al de los correos electrónicos que son enviados por la Internet. En este caso, las llamadas de voz, son fragmentadas en su origen y enviadas a través de la red IP, para posteriormente ser re-ensambladas en su destino.

A diferencia de las llamadas de voz sobre protocolo (VoIP), que básicamente son aplicaciones de software instaladas sobre un dispositivo con acceso a la red de Internet (Skype); VoLTE es un estándar netamente gestionado y controlado por el operador, lo que le permite la prestación de servicios seguros, confiables, que aseguren su calidad.

En cuanto a la historia del estándar, en el año 2012, las operadoras LG U+ de Corea del Sur y MetroPCS de Estados Unidos; fueron las primeras en desplegar VoLTE a nivel mundial. Desde entonces, tanto fabricantes como operadores de servicios, se han ido sumando al desarrollo acelerado de VoLTE. (Caliz, 2014)

2.5.4.2. *Características relevantes de VoLTE.*

En las redes LTE que no disponen de IMS, se utiliza CSFB como técnica para el procesamiento de llamadas de voz. Bajo este escenario, cuando el terminal LTE recibe o hace una llamada de voz, se desconecta momentáneamente de la red 4G, para conectarse automáticamente a la red 2G/3G, esto mientras dure la llamada. Las características nativas de VoLTE, permiten superar las limitantes que LTE introduce a la transmisión de la voz, evitando primeramente el cambio entre redes durante el procesamiento de las llamadas. VoLTE permite también otras ventajas, como son:

- Reduce el tiempo en el establecimiento las llamadas de voz, mejorado hasta en 20 veces más el tiempo de conexión.
- Mejora la calidad de la voz, pues opera con rangos de frecuencias de la voz mayores que los utilizados en las redes convencionales, esto es, rangos entre 100 Hz – 7 KHz, en comparación con el rango de 300 Hz - 3,4 KHz utilizado por las redes actuales. Además disminuye el ruido en la comunicación.
- Soporta de forma nativa video llamadas, además permite el intercambio de llamadas de vídeo a voz, sin interrupción de la llamada.
- Optimiza el consumo de batería en los terminales móviles, gracias al uso de códecs de alta eficiencia, tecnologías de acceso que optimizan el uso de los recursos de radio (OFDMA y SC-FDMA) y protocolos que reducen la sobrecarga de la señalización y mejoran la cobertura de las celdas.

2.5.4.3. *La voz HD.*

La característica más importante que permite VoLTE, es la voz de alta calidad o denominada voz HD. Si bien es cierto, que el espectro vocal ocupa un rango entre 0 Hz a 20 KHz, la mayor cantidad de energía se encuentra concentrada en el rango entre los 300 Hz y 3400 Hz, con lo cual, un ancho de banda de 4 KHz, sería suficiente para mantener una comunicación clara y transparente; sin embargo, este ancho de banda no permitirá darle a la voz las características de alta calidad. La voz HD, es una tecnología de codificación de audio de banda ancha, cuyo rango de frecuencias está considerado entre los 100 Hz y 7000 Hz dentro del rango del espectro vocal. La Figura 2.21 muestra el ancho del espectro vocal utilizado en voz HD.

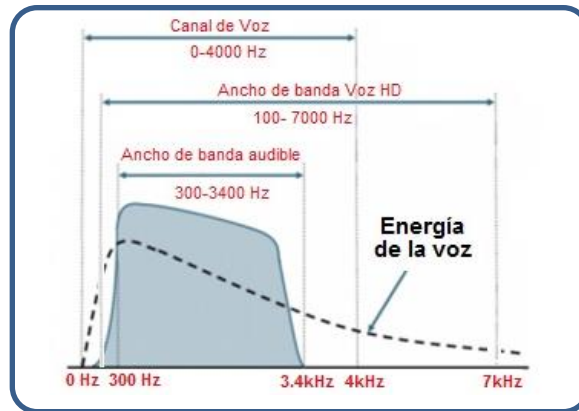


Figura 2.21. Ancho de banda espectro vocal y HD. (Higuera, N., Vidales, M., 2013)

La voz HD, muestrea más información que la frecuencia de muestreo utilizada en la telefonía convencional, mientras que llamadas tradicionales se muestrean a 8.000 muestras por segundo, las HD lo hacen a 16.000, con lo cual es posible captar mayores detalles de la voz humana. La voz HD para la telefonía móvil, utiliza el códec AMR-WB (Adaptative Multi Rate Wideband), estandarizado en el Release 5 del 3GPP. A pesar de que este códec ofrece una alta calidad para la codificación de la voz, existen otros códecs, que permiten una mejora aun mayor; de entre ello el más destacado es el códec AAC-ELD (Advanced Audio Codec – Enhanced Low Delay), desarrollado por el Instituto Fraunhofer y que actualmente es utilizado en los sistemas operativos iOS (Apple) y Android, a partir de sus versiones 4.0 y 4.1, respectivamente. Actualmente se está hablando también de la voz Full HD, la cual utiliza una frecuencia de muestreo de 32.000 muestras por segundo, es decir el doble de la voz HD y que además utiliza todo el ancho de banda vocal para la transmisión de la voz, esto es los 20 KHz.

2.5.5. Estado actual de VoLTE en Latinoamérica y el mundo.

Actualmente, son pocos los países que están ofreciendo VoLTE de forma comercial, entre estos se encuentran: Estados Unidos, Corea del Sur, Hong Kong, Alemania y Singapur. La operadora Vodafone de España, ha iniciado un proceso de pruebas de esta tecnología en las ciudades de Madrid, Barcelona y Valencia. Por otro lado, la operadora Canadiense Rogers Communications, ha anunciado el lanzamiento a escala nacional de VoLTE, estimada para el segundo trimestre del 2015. En lo que respecta a Latinoamérica, la operadora Vivo Brasil, desde octubre del 2014, ha comenzado a evaluar el despliegue de VoLTE, sin embargo no se vislumbra a corto plazo su implementación. Así también, la operadora Avantel, está realizando los respectivos análisis para la implementación de VoLTE en Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga, decisión que aún se encuentra en proceso de evaluación. Para el caso del Ecuador, la operadora pública CNT EP, ha desplegado desde el 2014 su propia red LTE, lo cual se constituye en un primer paso en el futuro despliegue de VoLTE, mismo proceso que espera ser completado para finales del 2016.

En lo que se refiere a terminales móviles compatibles con esta tecnología, al momento VoLTE esta soportado por algunos equipos, entre los cuales se puede mencionar a los Smartphone: Samsung Galaxy S5, LG G2, LG G3 Vigor y el nuevo iPhone 6; los cuales son compatibles y operan de forma óptima con redes predecesoras.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL DE LA CNT EP

3.1. Introducción

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, nace de la fusión de las empresas de telecomunicaciones Andinatel S.A. y Pacifictel S.A. Tras esta fusión, se constituyó la sociedad anónima Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A. Desde el 14 de enero del 2010, la operadora así constituida, paso a ser una entidad pública de gobierno, conocida actualmente como la CNT EP. Dicha empresa, al momento cuenta con los servicios de telefonía fija local e internacional operando en base a tecnologías de acceso alámbricas (Cobre y Fibra óptica) e inalámbricas (CDMA 450), servicios de telefonía móvil 2G/3G y 4G, servicios de Internet de banda ancha fijos y móviles y servicios de televisión satelital DTH.

En cuanto a la telefonía móvil celular, inicialmente fue comercializada por la operadora Telecsa, cuya denominación comercial fue Alegro PCS (Personal Communication System). Esta inició sus operaciones en diciembre del 2003, tras la concesión de frecuencias emitida por el estado ecuatoriano. En julio del 2010, la CNT EP, absorbe a la empresa Alegro PCS, con el fin de potencializar sus servicios, formado parte de esta nueva entidad pública.

Inicialmente, la CNT EP (entonces Alegro PCS), comercializo su telefonía móvil utilizando tecnología “CDMA 2000 1x-EvDO”²⁰, con la cual proporcionaba cobertura al 57% de la población; la misma estaba distribuida en las principales ciudades de las regiones costa y sierra del Ecuador. Sin embargo, esta tecnología de estándar norteamericano, era muy costosa, por lo que posteriormente, en diciembre de 2007, puso en marcha su red GSM, por medio de un acuerdo comercial con Telefónica – Movistar, que le permitió utilizar la Red de Acceso de Radio (RAN) GSM de Movistar, a manera de operador virtual móvil (MVNO). Mediante este acuerdo, la CNT EP amplió su cobertura al 85% de la población, pero únicamente podía brindar servicios de voz y mensajes de texto.

El 5 de febrero de 2009, se realizó un alcance al acuerdo inicial con Movistar, para la transmisión de datos sobre redes 2G, logrando con ello el despliegue comercial de los servicios de transmisión de datos GPRS, así como también servicios de WAP (Wireless Application Protocol), MMS (Multimedia Messaging Service) y Blackberry. Adicionalmente y en este mismo año (2009), se firmó un nuevo alcance al acuerdo inicial, el mismo que contemplaba la prestación de servicios de voz y datos mediante la utilización de la infraestructura de acceso 3G de Movistar.

Bajo este esquema de operaciones, la CNT EP tenía dos grandes limitantes que impedían su desarrollo; la primera, era la de no contar con una red móvil propietaria; y

²⁰ CDMA2000 es una familia de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación que utilizan CDMA, como un esquema de acceso múltiple para redes digitales, para enviar voz, datos y señalización. CDMA2000 1xEV-DO (1x Evolution-Data Optimized, originalmente 1x Evolution-Data Only), también referido como 1xEV-DO, EV-DO, EVDO, o sólo DO; es una evolución de CDMA2000.

la segunda, al hecho de que la tendencia tecnológica que perseguía América Latina, era la implementación de las tecnologías 3GPP (GSM, UMTS, HSPA+, etc); puesto que los equipos y terminales para estas tecnologías se presentaban con bajos costos y mayores ventajas. En términos de competitividad, la CNT EP tenía una gran desventaja, debido a que las operadoras del mercado, estaban ya operando bajo estos estándares. Claro (Concel), en entonces Porta, operaba con tecnologías GSM/WCDMA/HSDPA/HSPA+ y Movistar (Otecel), con GSM/GPRS/EDGE-WCDMA/HSPA/HSPA+. Estos antecedentes, demandaron a la CNT EP, la imperiosa necesidad de implementar su propia red de tercera generación, pues las demandas del mercado, dejaban entrever que las tecnologías 3G, serían la tendencia dominante en redes móviles para los años siguientes. En el año 2012, la CNT EP implemento su red de tercera generación WCDMA/HSPA+ de alta disponibilidad, colocándose a la par tecnología con las demás operadoras del mercado. La banda de operación concesionada a la operadora CNT EP, es la banda de 1900 MHz. Actualmente, aun cuenta con un acuerdo de roaming con Movistar (MVNO) para la prestación de servicios 2G (GSM/GPRS/EDGE) y 3G (UMTS/HSPA), en lugares donde no disponga de cobertura; este acuerdo le permite utilizar las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, concesionadas a la operadora Movistar.

Desde el 12 de diciembre del 2012, la CNT EP, fue autorizada por el ente de administración de las telecomunicaciones del país, en entonces CONATEL - Consejo Nacional de Telecomunicaciones (desde el 2015 ARCOTEL), a ofrecer servicios 4G por medio de tecnología LTE. El organismo administrador, además le concedió a la CNT EP, 30 MHz del espectro radioeléctrico en la banda 28 de LTE, correspondiente al rango

de los 700 MHz, y también 40 MHz en la banda de 1700 - 2100 MHz (Banda 4 LTE, conocida como AWS - Advanced Wireless Service) para desplegar dicha tecnología. En diciembre de 2013, la CNT EP, oficializó el lanzamiento comercial del servicio LTE; inicialmente desplegado en las ciudades de Quito y Guayaquil. La Figura 3.1 muestra la cantidad de abonados de telefonía móvil existentes en el Ecuador a febrero del 2015.

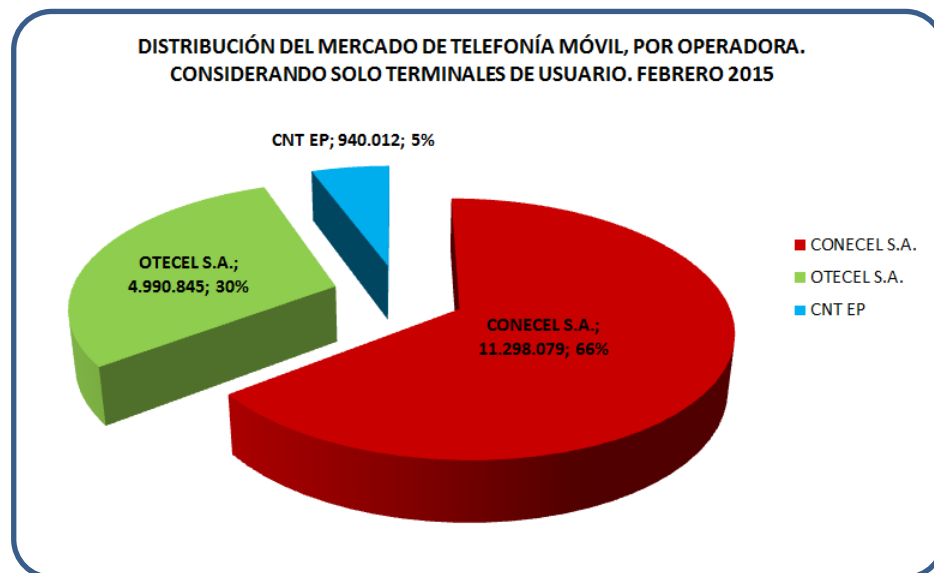


Figura 3.1. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Operadora. Elaborado por Autor.

La Tabla 3.1 y la Figura 3.2, muestra la cantidad de abonados móviles en el Ecuador a febrero del 2015, en función de la tecnología móvil utilizada.

**DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO DE TELEFONÍA MÓVIL, POR
TECNOLOGÍA.**

| OPERADORA | HSPA+ | UMTS | CDMA | GSM | LTE |
|--------------|---------|-----------|-------|-----------|---------|
| CONECEL S.A. | 567.987 | 1.616.096 | 0 | 8.653.624 | 0 |
| OTECEL S.A. | 138.890 | 335.472 | 0 | 4.516.483 | 0 |
| CNT EP | 579.973 | 0 | 1.579 | 225.614 | 132.846 |

Tabla 3.1. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tecnología. Elaborado por Autor.

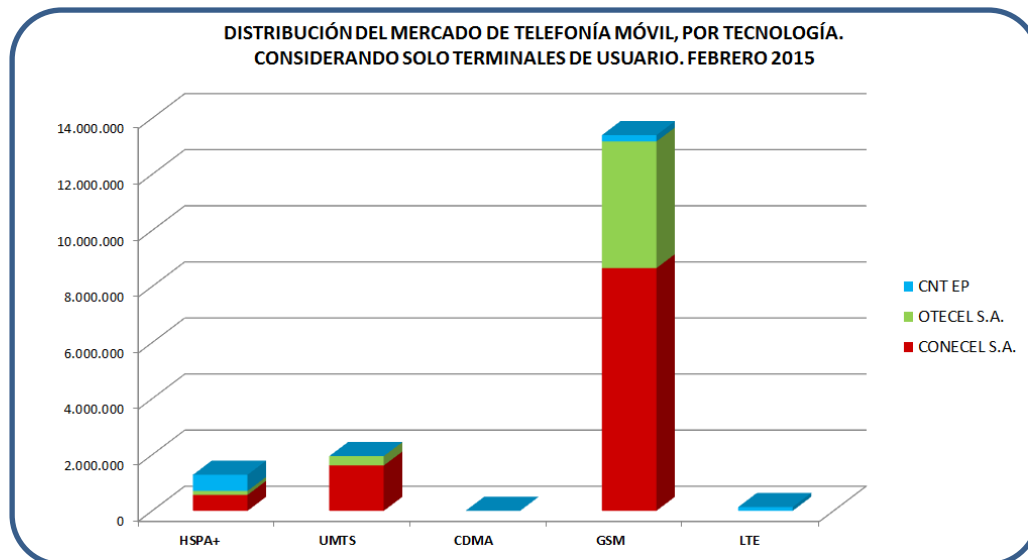


Figura 3.2. Distribución del Mercado de Telefonía Móvil, por Tecnología. Elaborado por Autor.

3.2. Estructura actual de la Red 3G

En Julio de 2011, la CNT EP adquirió con el proveedor Huawei Technologies Co., Ltd., el equipamiento necesario del Core de Voz y Core de Datos para el despliegue de su red móvil 3G (WCDMA/HSPA+). La arquitectura de red a implementar perseguía como objetivo cumplir con las siguientes características:

- Red de 3G, basada en una arquitectura que corresponde a Release 7 de la 3GPP e incluye licencias para HSPA+ con configuración de hasta 21 Mbps.
- Red escalable a los Releases 8 y 9, para velocidades entre 40 y 80 Mbps, mediante la adición de hardware y software, cuando el mercado así lo requiera.
- Red preparada para integrarse a una arquitectura de Core IMS que permite la convergencia fijo-móvil.
- Red concebida con tecnología WCDMA/HSPA+, que permita la compatibilidad con los servicios de las tecnologías antecesoras como CDMA2000 1xEvDO, GSM, GPRS, EDGE y HSPA+.
- Red genérica que permita a futuro, la integración de componentes de red de varios fabricantes.

El equipamiento adquirido, fue implementado en las ciudades de Guayaquil y Quito. Inicialmente, dicha red contó con redundancia geográfica para los servicios del Core de Voz (Quito y Guayaquil), mientras que el Core de Datos se implementó únicamente en Quito. Posteriormente, se implementó la redundancia geográfica del Core de Datos para la ciudad de Guayaquil.

3.2.1. Elementos de red y características tecnológicas.

La red actual de la CNT EP (2G/3G), permite a los usuario acceder a más de los servicios inherentes de la telefonía (voz), a los servicios de datos como el acceso a Internet de banda ancha, mensajería de texto, mensajería instantánea, entre otros. Como lo expuesto en el Capítulo 2, una red 3G está constituida por los siguiente elementos:

Red de Core (CN), Red de Acceso (UTRAN) y terminales de usuario (UE) compatibles con tecnologías antecesoras.

Para el caso de la CNT EP; la Red de Core (CN) o núcleo de la red, está formada por dos tipos de arquitecturas, coexistentes y complementarias entre sí, mismas que se describen a continuación:

3.2.1.1. *Core de Voz.*

El Core de Voz, cuenta con las funciones de:

- Transporte de la información de tráfico (voz) y de la señalización.
- Control de los servicios ofrecidos.
- Gestión de movilidad.
- Conexión con otras redes de telecomunicaciones.

Así también, al estar basado en Release 7, el Core de Voz permite las siguientes ventajas:

- Reducción de costos al utilizar tecnologías de transporte multiservicios.
- Flexibilidad, debido a la división del plano de control y de transporte en dos entidades distintas; MSC y la MGW respectivamente.
- Evolución hacia una red todo IP, donde la voz es empaquetada y transportada desde el origen al destino mediante protocolos IP.

La Figura 3.3, muestra la arquitectura del Core de Voz de la red 3G de la CNT EP. En dicha arquitectura se pueden observar los elementos que conforman la red móvil; cada uno de ellos se encuentra etiquetado en función de la nomenclatura comercial

utilizada por el fabricante o proveedor de los equipos, que para el caso es la empresa Huawei Technologies.

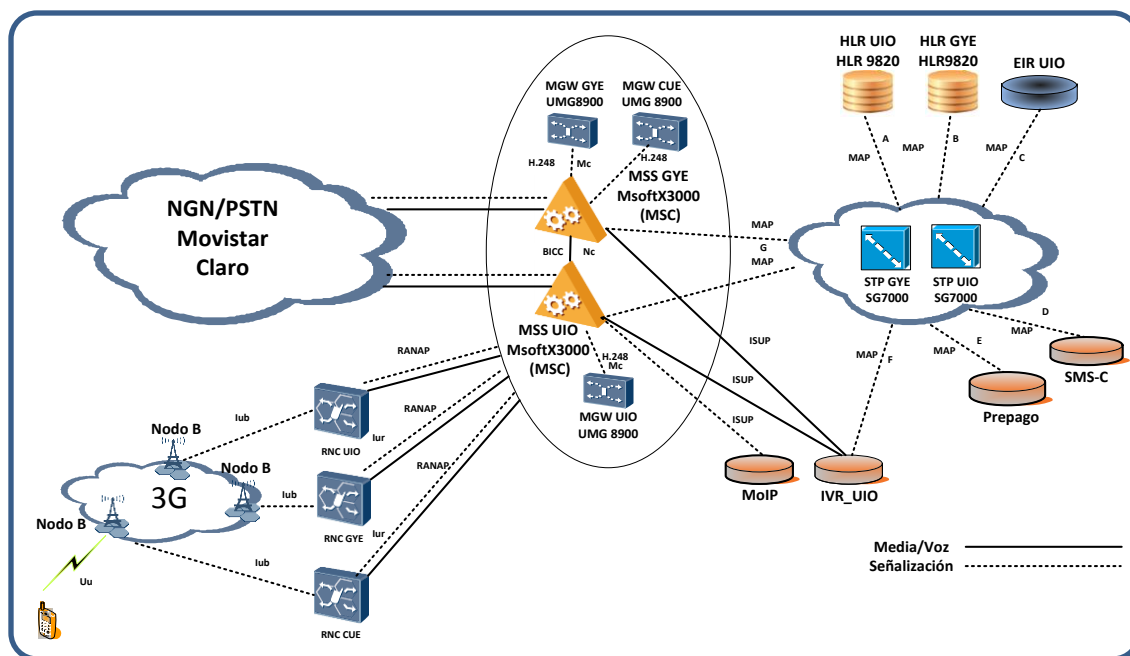


Figura 3.3. Core de Voz. Red 3G CNT EP. (CNT EP., 2010)

En la Tabla 3.2, se enlistan los equipos utilizados en el Core de Voz, así como también sus referencias comerciales. Adicionalmente se enlistan algunas de las plataformas de servicios de valor agregado con las que cuenta dicha red.

| CORE DE VOZ | |
|-----------------------|------------------------------|
| Equipos | Referencias Comercial |
| MSS Servers (UIO-GYE) | MSOFTX 3000 |
| MGWs (UIO-GYE-CUE) | UMG 8900 |
| STPs | SG7000 |
| HLR (+Auc) (UIO-GYE) | HLR 9820 |
| PLATAFORMAS | |
| SMS-C | |
| MoIP | |
| OCS/Prepago | |
| EIR /HLR9820 | |
| IVRs | |

Tabla 3.2: Equipos del Core de Voz/Referencia Comercial. (Huawei, Productos Huawei, 2015)

A continuación, se describen cada uno de los elementos del Core de voz, así como también sus funcionalidades:

3.2.1.1.1. MSS (MSOFTX 3000).

El Core de Voz de la CNT EP, cuenta con dos MSS (MSC server) ubicados en Quito y Guayaquil, operando en modo pool²¹, los cuales operan en el Plano de Control (Control Plane) de la red y se encargan de la señalización. Los MSS de Quito y Guayaquil, se interconectan a través del protocolo BICC²²; así también, disponen de troncales de interconexión hacia otras redes, tales como: a la NGN/PSTN, Movistar y Claro. Entre la función que cumple la MSS están:

²¹ Modo Pool: Modo de conexión redundante de red. Conexión múltiple con los demás elementos de la red a los que se presta servicio.

²² BICC (Bearer Independent Call Control): El control de llamada independiente de servicio portador; es un protocolo considerado como un extensión del protocolo ISUP (ISDN user part-protocolo de conmutación de circuitos) para permitir el pedido de llamada y de servicios telefónicos sobre una red de transporte IP o ATM.

- Funciones de control de llamada y control de movilidad.
- El MSC Server, está directamente relacionado con el VLR, esto con el fin de conocer los datos de los usuarios móviles.
- Realiza el control del MGW con el fin de establecer, mantener y liberar los recursos para llamadas.
- Recibe la señalización usuario - red y la convierte en señalización red - red, para enrutar el tráfico en función de su destino.

Entre las características relevantes que presenta el MSS están:

- Alta compatibilidad: el MSOFTX3000 es capaz de operar con equipos que forman parte de los subsistemas de la red GSM: NSS, BSS y RAN; sin importar el tipo de proveedor o fabricante.
- Multifunción Convergente: el MSOFTX3000 integra las funcionalidades de servidor MSC, servidor GMSC, VLR, SSP (Service Switching Point)²³ y SG (Switching Gateway).
- Soporte Multired: el MSOFTX3000 puede operar con varios estándares móviles, tales como el de GSM, UMTS y redes de conmutación de circuitos. Además es compatible con redes de acceso 2G/3G.
- Alta Confiabilidad; el MSOFTX3000 permite las funciones de redundancia remota para garantiza una alta fiabilidad. Además permite los modos de

²³ SSP: es una central telefónica la cual crea y recibe paquetes de mensajes de señalización, también llamadas unidades de señalización (signalingunits).

operación de activo/stand by y de carga compartida, para la aplicación de redundancia

3.2.1.1.2. MGW (UMG 8900).

El Core de Voz de la CNT EP, dispone de tres MGWs ubicados en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, los cuales son encargados del procesamiento de la media/voz en el plano de usuario (User Plane). Las UMG 8900, se conectan a las MSS mediante la interfaz Mc, que opera con protocolo H.248. Entre la función que cumple la UMG 8900 están:

- El UMG 8900 recibe el tráfico de voz (audio) desde la RNC y lo encamina a través de una red IP o ATM (Asynchronous Transfer Mode).
- Se encarga de la asignación de recursos y canales para el establecimiento de las llamadas.

Dentro de las características más relevantes que presenta la UMG 8900 están:

- Conversión de códecs: la UMG8900 opera con códecs utilizados en redes móviles y fijas.
- Flexibilidad: el UMG8900 posibilita la operación con redes TDM/IP y redes 2G/3G.

3.2.1.1.3. HLR (HLR 9820).

El Core de Voz de la CNT EP, dispone de dos HLR para el aprovisionamiento de usuarios en la red 3G. Actualmente, estos equipos operan en una configuración de activo/stand by, siendo el HLR de Quito el que opera en modo activo y el de Guayaquil en stand by. Entre la función que cumple del HLR 9820 están:

- Base de datos donde se encuentran suscritos todos los abonados.
- Contiene toda la información administrativa y de servicios de cada usuario.
 - ✓ Perfil (prepago/postpago)
 - ✓ Servicios activos (SMS, datos, buzón de voz, etc).
- Contiene la información de los datos de localización del usuario.
- Es utilizado por los dominios de circuitos y paquetes.
- Maneja el proceso de autenticación de usuario (AuC).

3.2.1.1.4. *EIR (UEIR).*

El Core de Voz de la CNT EP, dispone de un solo UEIR en el cual se almacena la identificación del terminal (IMEI - Identidades Internacionales de Equipos Móviles), así como la del usuario a través del MSISDN (Mobile Station ISDN Number), los cuales son utilizados para verificar si el usuario tiene permiso de acceder a la red. El UEIR está ubicado en la ciudad de Quito; sin embargo cuenta con conexión hacia los dos MSS disponibles.

Entre la función que cumple el EIR (UEIR) están:

- Base de datos en la que se almacena el IMEI de los diferentes equipos terminales.
- Los IMEIs están declarados en tres tipos de listas: Listas negras, Listas blancas y Listas grises.

3.2.1.1.5. *STP (SG7000).*

El STP (Signaling Transfer Point) opera como dispositivo independiente de señalización, que procesa y transmite mensajes de señalización SS7 y SIGTRAN entre la

red TDM y la red IP. Su alto procesamiento, permite conectar a varios nodos de la red, a fin de simplificar su arquitectura y cumplir con los requerimientos de gateway de señalización de las redes 2G y 3G. El Core de Voz de la CNT EP, cuenta con dos STP interconectados hacia todos los demás elementos de red. Entre la función que cumple el STP (SG7000) están:

- Permite la transferencia de señalización y conectividad entre los diferentes equipos de la red.
- Permite las funcionalidades de nodo de portabilidad numérica.

Adicionalmente, el Core de Voz de la CNT EP, cuenta con plataformas de servicio de valor agregado tales como: Servicios de mensajería de texto (SMS-C), plataforma de voice mail (MoIP - Multimedia over IP), plataforma prepago (OCS - Sistemas de Online Charging), IVR (Interactive Voice Response), entre otras. Varios de los elementos del Core de Voz, son utilizados también por el Core de Datos, esto debido a la convergencia de servicios y al hecho de simplificar la estructura de la red; entre ellos están: UERI, HLR, OCS, RNC, SMS-C, etc.

3.2.1.1.6. Interfaces y Protocolos.

La Tabla 3.3, muestra los principales interfaces y protocolos del Core de Voz.

| Interfaz | Protocolo | Ubicación | Descripción |
|----------|---------------------|---------------------|---|
| Nc | BICC/ISUP | MSS-MSS | Negociación del Plano de Control entre “MSC Servers” |
| Mc | H.248 | MSS-MGW | Interconexión para las funciones del Plano de Control |
| Iu-CS | RANAP ²⁴ | MSS-RNC | Comunicación entre la RNC y el núcleo de la red |
| A | MAP ²⁵ | MSC-HLR | Interconexión, ubicación y registro de usuarios |
| B | | MSC-EIR | Interconexión base de datos terminales |
| C | | MSC-SMS-C | Interconexión plataforma SMS |
| D | | MSC-OSC | Interconexión plataforma prepago |
| E | | MSC-IVR | Interconexión plataforma IVR |
| F | | MSC-STP | Interconexión señalización |
| G | ISUP ²⁶ | MSC-MOIP MSC-IVR | Interconexión plataforma de servicios de valor agregado |
| Uu | Radio | Usuario - Nodo B | Pertenecen a la red de acceso (RAN) |
| Iub | ATM/IP | Nodo B - RNC | Pertenecen a la red de acceso (RAN) |
| Iur | ATM/IP | RNC-RNC | Pertenecen a la red de acceso (RAN) |

Tabla 3.3. Interfaces y protocolos Core de Voz. (Huawei Technologies Co. L. , GSM/UMTS Soft Switch Core Network Principle., 2008)

²⁴ RANAP (Radio Access Network Application Part): es el protocolo de señalización responsable de la comunicación entre la RNC y el núcleo de red. Se implementa en los interfaces Iu.

²⁵ MAP: es uno de los protocolos de componentes de SS7; se ocupa específicamente de situaciones en las que una unidad móvil recorre un área diferente de su lugar de origen.

²⁶ ISUP: es un protocolo de circuitos conmutados, usado para configurar, administración y gestión de las llamadas de voz y datos sobre PSTN.

3.2.1.2. Core de Datos.

La CNT EP cuenta con una red propietaria de Datos, basada en especificaciones técnicas del Reléase 7 de la 3GPP. Su estructura general es constituida por equipos de tecnología Huawei, de ahí que los mismos se identifican con su nomenclatura comercial.

La Figura 3.4, muestra la arquitectura del Core de Datos de la red 3G de la CNT EP.

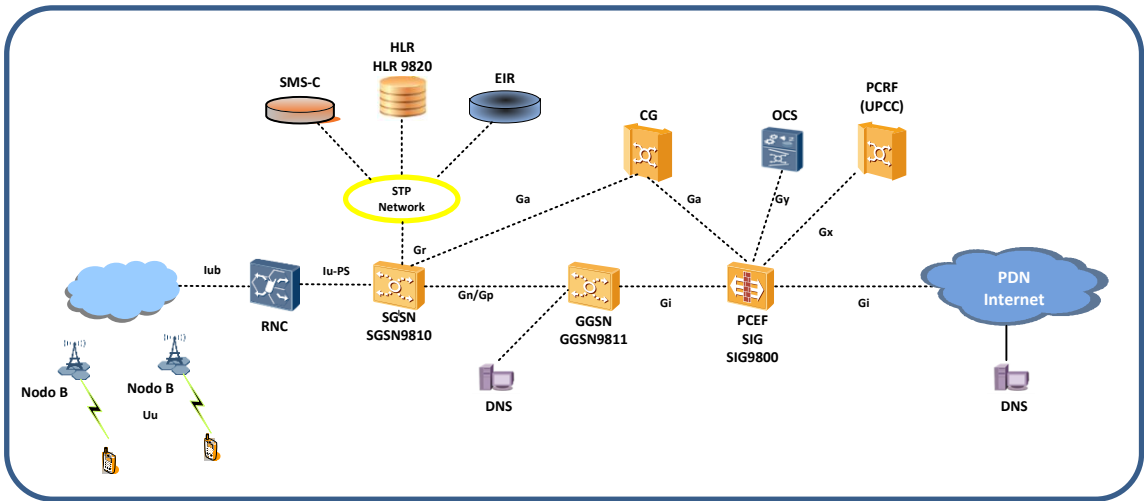


Figura 3.4. Core de Datos. Red 3G CNT EP. (CNT EP., 2010)

Para el caso del Core de Datos, se añaden nuevos elementos al núcleo de la red. La Tabla 3.4, muestra los equipos del Core de Datos y sus referencias comerciales:

| CORE DE DATOS | |
|---|----------------------|
| Equipos | Referencia Comercial |
| SGSN (UIO-GYE) | SGSN9810 |
| GGSN (UIO-GYE) | GGSN9811 |
| CG (UIO-GYE) | CG9812 |
| PLATAFORMAS PCC (Policy and Charging Control) | |
| PCEF(UIO-GYE) - (Huawei - SIG9800) | |
| PCRF (UIO-GYE) (Huawei - UPCC) | |

Tabla 3.4. Equipos del Core de Datos/Referencia Comercial. (Huawei Technologies Co. L. , Productos Huawei, 2011)

En el sistema de Datos 3G, la gestión de movilidad y el encaminamiento de los paquetes se basan en la creación y actualización de estructuras de datos denominadas contextos en el terminal móvil y en los nodos SGSN y GGSN. Concretamente se definen dos contextos: MM Context (Mobility Management) y PDP Context (Packet Data Protocol). En el terminal móvil y en el SGSN se encuentran ambos, mientras que en el GGSN únicamente son necesarios los contextos PDP.

- El Contexto MM, contiene la identidad del móvil, el estado del móvil (IDLE, STANDBY y READY), la información del área de cobertura, la celda actual de acceso para móviles en estado READY y punteros a diferentes contextos PDP activados para dicho móvil.
- El Contexto PDP, contiene la información de la conexión establecida entre el terminal móvil y la red GPRS. A través del PDP Context, se asigna una dirección IP al usuario, con el fin de que este pueda acceder a los servicios de datos.

Los terminales móviles, envían la petición para activar el contexto PDP a la SGSN; esta petición lleva información del identificador de punto de acceso de servicio a las red (NSAPI)²⁷, el nombre de punto de acceso (APN), parámetros QoS requerida y un identificador de transacción (TI).

A continuación se describen las funcionalidades de los elementos del Core de Datos:

²⁷ NSAPI: Identificador del Punto de Acceso al Servicio de la capa de red.

3.2.1.2.1. SGSN (SGSN9810).

La SGSN9810, puede integrarse con redes con 2.5G y 3G. Tiene capacidad para la atención de 12 millones de abonados y la creación de 22 millones de contextos PDP simultáneos. Además, tiene una capacidad de conmutación de paquetes de 5,5 millones de paquetes por segundo. El Core de Datos 3G de la CNT EP, cuenta con dos SGSN ubicados en Quito y Guayaquil, operando en modo pool. Entre las principales funciones de la SGSN9810, se incluyen: la gestión de la movilidad, gestión de sesiones, gestión de conexión hacia los terminales, el enrutamiento y transferencia de paquetes hacia la GGSN, generación y envío de CDR (Call Detail Records), SMS, CAMEL y la gestión de calidad de servicio.

3.2.1.2.2. GGSN (GGSN9811).

La GGSN9811, soporta simultáneamente la creación de 10 millones de contextos PDP para la prestación del servicio de datos. Básicamente, la GGSN9811, realiza la función de Gateway de la red GPRS/UMTS con el exterior para el acceso a los servicios, tales como el Internet. La GGSN9811, en base a la configuración del APN, procesa el tráfico en función del esquema de facturación determinado para dicho APN, este puede ser: pre-pago o pos-pago. Para la parte de facturación prepago, la GGSN9811 se apoya en la entidad OCS y en pos-pago, opera de manera conjunta con el PCRF. Adicionalmente realiza el control de la asignación de direccionamiento IP, la creación de los contextos PDP y genera CDRs por volumen y tiempo, para la conciliación con otras operadoras. El Core de Datos 3G de la CNT EP, cuenta con dos GGSN ubicados en Quito y Guayaquil, operando en modo pool.

3.2.1.2.3. CG (Charging Gateway - CG9812).

Cuando un usuario de GPRS/UMTS accede a Internet, varios elementos de red generan CDRs. El Charging Gateway, es el encargado de recolectar, unificar y procesar los CDRs generados por el SGSN o el GGSN, para posteriormente enviarlos hacia los sistemas de facturación. La red de datos de la CNT EP, opera con dos CG instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil que a su vez se conectan al sistema de facturación.

3.2.1.2.4. PCC (Policy and Charging Control).

Permite el control de las políticas de QoS, control de la facturación de servicios y del tráfico. El PCC está integrado por los elementos de red PCEF y PCRF.

- *PCEF - Policy and Charging Enforcement Function (SIG9800).*

El PCEF, denominado en la tecnología Huawei como SIG (Service Inspector Gateway) con referencia comercial SIG9800; provee un servicio inteligente para las funciones de análisis de tráfico y aplicación de las políticas, además de la administración del ancho de banda y seguridad de la red. Entre sus funciones están:

- ✓ Almacena la información referente a los usuarios para la aplicación de políticas basadas en suscripción.
- ✓ Analiza el tráfico, para identificar los protocolos de servicios y la procedencia.
- ✓ Aplica las políticas creadas en el PCRF.
- ✓ Permite que los paquetes IP descartados como resultado de la aplicación de la política, no sean reportados en la facturación y por ende causen consumo de crédito.
- ✓ Genera CDR para la facturación del usuario.

La red de datos de la CNT EP, opera con dos equipos SIG9800 instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

- *PCRF - Policy and Charging Rules Function (UPCC).*

El PCRF, denominado en la tecnología Huawei como UPCC (Unified Policy and Charging Controller); proporciona la función de control de políticas y reglas de cobro definida por la norma 3GPP. Entre sus funciones están:

- ✓ Control de las políticas, del uso de ancho de banda y el cobro por el uso de la red.
- ✓ Gestión de servicios en término de la Calidad de Servicio.
- ✓ Decisión de política de control y flujo de tráfico basado en la carga.
- ✓ Aplicación de políticas basadas en la información proporcionada por el PCEF.

La red de datos de la CNT EP, opera con dos equipos UPCC instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

3.2.1.2.5. DNS - Domain Name Server.

Dentro de las redes GPRS/UMTS, existen dos tipos de DNS. El primer DNS, se encuentra entre el GGSN y la red externa de paquetes de datos (PDN), utilizado para la resolución del nombre de dominio de las PDN externas (DNS común en Internet). El otro DNS, utilizado para resolver la dirección IP de la GGSN basado en el APN enviado por la SGSN, con lo cual se establece el canal de comunicación entre la GGSN y el terminal móvil. El DNS no es un dispositivo exclusivo de las redes GPRS/UMTS, pues

también está presente en las demás generaciones de redes móviles. La red de datos de la CNT EP, opera con dos equipos DNS instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

3.2.1.2.6. Interfaces y Protocolos.

La Tabla 3.5, muestra los principales interfaces del Core de Datos.

| Interfaz | Ubicación |
|-----------------|------------------|
| Gn/Gp | SGSN-GGSN |
| Ga | SGSN-CG-SIG |
| Iu-PS | RNC-SGSN |
| Gr | SGSN-STP |
| Gi | GGSN-SIG-PDN |
| Gx | GGSN-PCRF |
| Gy | GGSN-OCS |
| Gr | SGSN - HLR |
| Gf | SGSN - EIR |
| Gs | MSS/VLR |

Tabla 3.5. Interfaces Core de Datos. (Huawei Technologies Co. L. , GGSN9811 Gateway GPRS Support Node., 2009)

3.2.2. Servicios de la red 3G.

La CNT EP, tiene asignados 15 MHz en la banda C PCS 1900; de ellos, 5 MHz están siendo utilizados para la red CDMA 2000 1x EvDO, 5 MHz están ocupados por Telefónica – Movistar dentro del acuerdo al comercial que le permite a CNT EP hacer uso de la RAN GSM/3G de Movistar y los restantes están siendo utilizados por los servicios propietarios 3G WCDMA/HSPA+ de la CNT EP.

Con la implementación de la red 3G WCDMA/HSPA+, la CNT EP expandió su portafolio comercial para brindar servicios de Banda Ancha Móvil, manteniendo la prestación del servicio de voz, debido a la compatible con la red GSM.

Dicha red, también le permitió brindar una serie de nuevos servicios, tales como: video llamada (mediante aplicaciones OTT), acceso móvil a Internet, servicios de localización, descarga de música y videos, acceso a juegos en línea, VoIP, etc; esto gracias a las elevadas tasas de transmisión de datos permitidos por la red.

Algo importante que vale la pena recalcar, es el hecho de que el nivel de estandarización de la tecnología adoptada por la CNT EP, por medio de su red 3G HSPA+, le permite ofrecer una variedad de servicios móviles, con la posibilidad de desarrollar nuevos productos de alta competitiva frente a los ofrecidos por las demás operadoras locales. A esto se suma el hecho de que esta tecnología cuenta con un gran número de proveedores y gran variedad de terminales 3G.

3.3. Estructura actual de la Red 4G

En el último trimestre del 2012, la CNT EP adquirió a Huawei Technologies Co., Ltd., el equipamiento necesario con el cual se actualizaría los nodos del Core de Datos, incluido el HLR, a nodos de la arquitectura EPC para soportar la red de acceso de cuarta generación (LTE). Posteriormente, en el 2013, la CNT EP, adquirió con el mismo fabricante, la red de acceso LTE y las actualizaciones y licenciamientos requeridos, para que el Core de Voz pueda soportar la funcionalidad del servicio de voz mediante CSFB (Circuit Switch Fall Back) entre la red LTE y la 3G. Para el tercer trimestre del 2014, la CNT EP, se convertía en la primera empresa de telecomunicaciones del Ecuador, en brindar servicios de datos de cuarta generación LTE.

3.3.1. Evolución de la red 3G a 4G.

Actualmente la CNT EP, tiene prevista la instalación de 1.361 Nodo-B (WCDMA/HSPA+) a nivel nacional (instalados 1.168 a marzo del 2015); adicionalmente a esto, y con el fin de aprovechar las bandas de 700 MHz y AWS asignadas; la CNT EP ha evolucionado sus redes de tercera generación a una arquitectura EPC. En base a esta necesidad, la CNT EP ha implementado una red complementaria de cuarta generación, cuya infraestructura inicial en la red de acceso (E-UTRAN) estará compuesta por 400 nodos eNode-B distribuidos en las principales cabeceras cantonales del Ecuador (Quito, Cuenca, Guayaquil, Manta, Ambato, entre otras) e instalados en los mismos sitios de los Nodos-B; esto último, con el fin de aprovechar en su mayoría, la infraestructura existente, en lo que respecta a rack, energía, torres y demás elementos que así lo requieran; la instalación total de la infraestructura adquirida hasta este momento, está prevista para finales del 2015.

Adicionalmente, se requiere la actualización del Core móvil con versiones de software que permitan la implementación de EPC y soporte de LTE. Dentro de estas actualizaciones de software, se encuentra la evolución del HLR a HSS, para soporte de funciones EPC y orientación futura ha servicios IMS. También está la implementación de las entidades MME, S-GW y P-GW para el procesamiento de señalización y datos. En lo que respecta a los servicios de voz, estos se siguen enrutando por las redes de segunda y tercera generación (2G/3G - MVNO y 3G CNT EP). La Figura 3.5 muestra la arquitectura de voz y datos móviles de la CNT EP. (ARCOTEL, 2015)

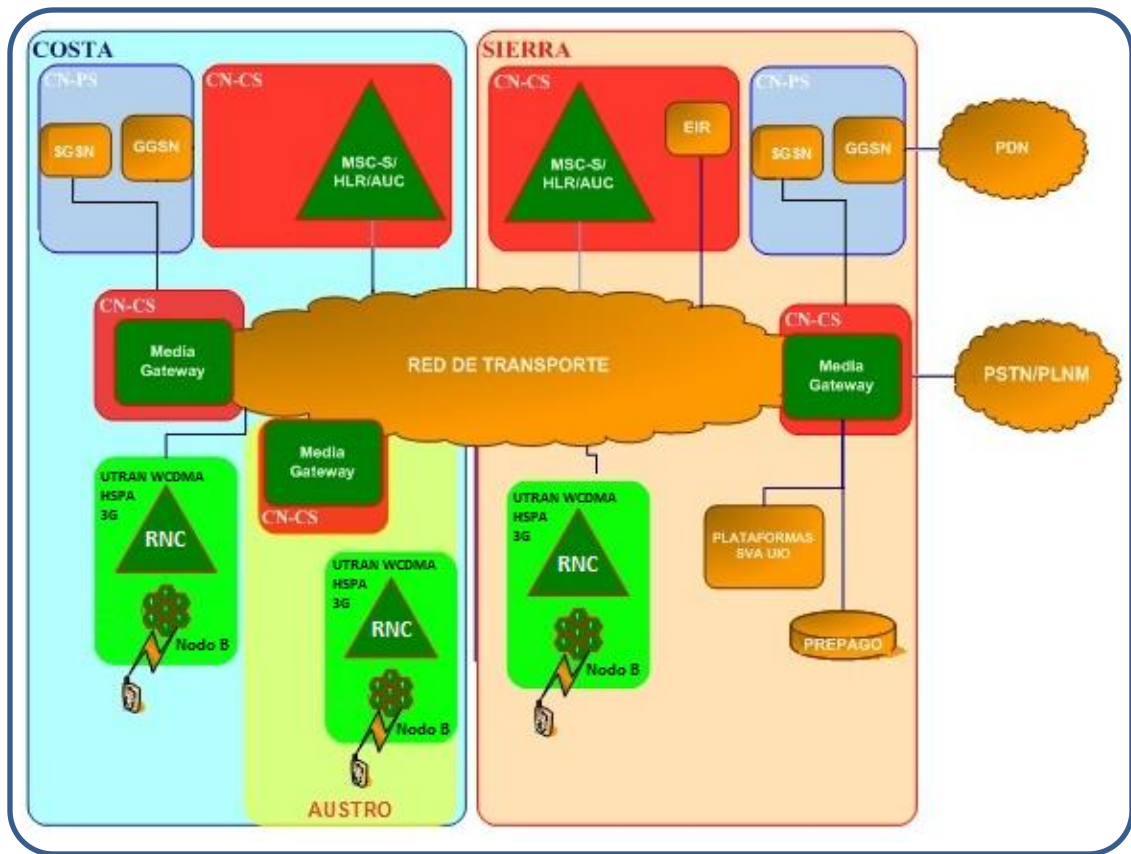


Figura 3.5. Red 3G Voz y Datos CNT EP. (CNT EP, 2015)

La Figura 3.6, muestra la arquitectura EPC/LTE de la CNT EP. En dicha arquitectura se pueden observar los principales equipos que la constituyen; cada uno de ellos se encuentra etiquetado en función de la nomenclatura comercial utilizada por el fabricante o proveedor de los equipos que para el caso es la empresa Huawei Technologies. Cabe señalar, que para el caso de Quito, toda la infraestructura utilizada ha sido provista por el fabricante Huawei, no así en la ciudad de Guayaquil, cuya RAN (eNode-B) son de tecnología Alcatel-Lucent.

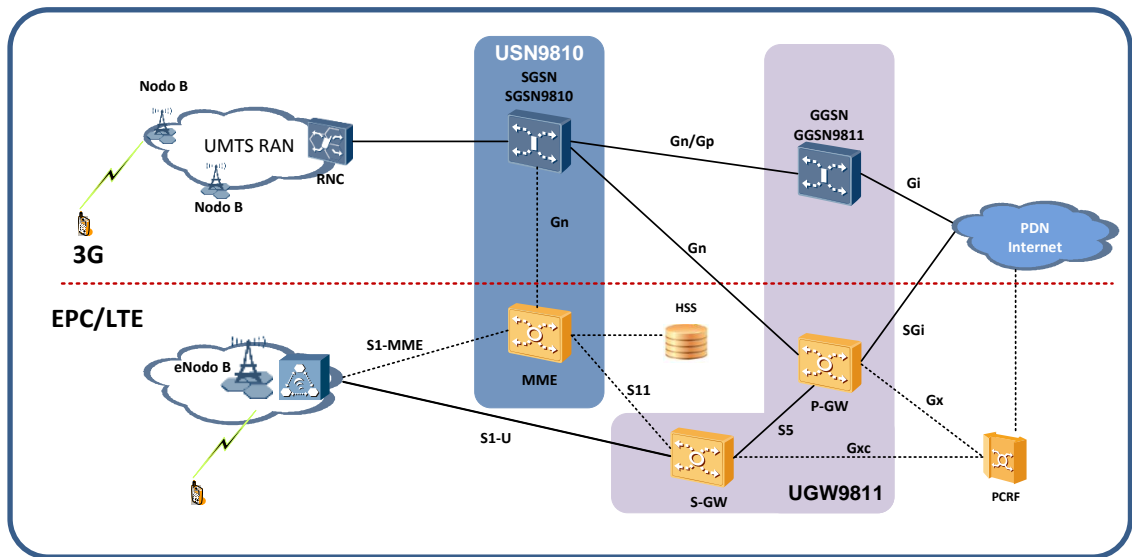


Figura 3.6. Red EPC/LTE (4G) CNT EP. (CNT EP, 2015)

En la Tabla 3.6, se enlistan los equipos de tecnología 4G, agregados a la red 3G de la CNT EP, así como también sus referencias comerciales.

| CORE DE DATOS 4G | |
|-------------------|-------------------------|
| Equipos | Referencia Comercial |
| MME (UIO-GYE) | USN9810 (SGSN+MME) |
| S-GW (UIO-GYE) | UGW9811(GGSN+P-GW+S-GW) |
| P-GW (UIO-GYE) | UGW9811(GGSN+P-GW+S-GW) |
| UPGRADE HLR a HSS | HSS9860 |

Tabla 3.6. Nuevo equipamiento red 4G CNT EP.

3.3.2. Elementos de la red y características tecnológicas.

3.3.2.1. *USN9810.*

En la tecnología Huawei, la USN9810 está integrada por la SGSN y la MME. Básicamente es la responsable del estado de movilidad del usuario en el plano de control. Entre sus funciones están:

- ✓ Gestionar el estado del suscriptor
- ✓ Gestionar la lista de tracking área

La red de datos 4G de la CNT EP, opera con dos equipos USN9810 instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

3.3.2.2. *UGW9811.*

En la tecnología Huawei, el UGW9811 está integrado por la S-GW, el P-GW y la GGSN. Básicamente, esta entidad de red, cumple la función de puerta de enlace unificada para la transferencia de paquetes. La unificación de varios equipos en una sola entidad de red como lo es la UGW9811, permite que el operador pueda optimizar los recursos de espacio físico para la instalación de equipos, mejorar la capacidad de implementación y reducir los costos de operación. Para el caso de la CNT EP, se ha implementado los elementos de red GGSN, S-GW y P-GW han sido implementados en una UGW9811, de tal forma que comparten el hardware de dicho dispositivo, con lo cual se disminuyen los costos de implementación. La red de datos 4G de la CNT EP, opera con dos equipos UGW9811 instalados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

3.3.2.3. *HSS9860.*

Constituye el sistema de base de datos de suscriptores, donde se almacena la información de aprovisionamiento y ubicación de los suscriptores. Actualmente, la red de CNT EP, opera con 2 equipos HSS, instalados en Quito (UIO) y otro en Guayaquil (GYE).

3.3.2.4. *Interfaces.*

La Tabla 3.7, muestra los principales interfaces del Core de Datos de la red 4G.

| Interfaz | Ubicación |
|----------|----------------|
| S1-MEE | eNode B - MME |
| S1-U | eNode B - S-GW |
| S11 | MME-S-GW |
| S5 | S-GW - P-GW |
| Gxc | S-GW - PCRF |
| Gx | P-GW-PCRF |
| Gn | P-GW - SGSN |

Tabla 3.7. Interfaces Core de Datos 4G. (CNT EP, 2015)

3.3.3. **Bandas de operación asignadas**

El 12 de diciembre del 2012, el CONATEL²⁸ (Consejo Nacional de Telecomunicaciones ahora ARCOTEL²⁹) resolvió autorizar a la CNT EP, la utilización del espectro radioeléctrico en las bandas 4 y 28, según las siguientes especificaciones:

²⁸ CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones; ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador.

²⁹ ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, creada en 2015 como la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes.

- Banda número 4: Mejor conocida como la banda AWS en el rango de frecuencia de 1700/2100 MHz; utilizada por la CNT EP para el despliegue de su red LTE en los lugares considerados como áreas Densamente Urbanas y Urbanas, es decir en la principales ciudades del Ecuador.
- Banda número 28: En el rango de frecuencia de 700 MHz; utilizada por la CNT EP para el despliegue de su red LTE en las áreas consideraras como Sub Urbanas y Rurales.

Actualmente, la CNT EP tiene prevista la instalación de 400 eNode-B por todo el Ecuador; hasta marzo del 2015 se han instalado 116 sitios, distribuidos en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cotopaxi; tan solo 3 de ellos operando en la banda de 700 MHz. (ARCOTEL-Estadísticas, 2015) (CONATEL, 2012)

3.3.4. Servicios de la red 4G

De pruebas realizadas por la ARCOTEL en el mes de febrero del 2015, se determinó que la CNT EP, puede ofrecer servicios de navegación de datos, bajo la cobertura de la red LTE, con velocidades de hasta 20 Mbps para descarga de información y hasta 4 Mbps para la subida de datos. Si bien es cierto, que las tecnologías de 4G permiten tasas de transmisión de 100 Mbps para el enlace de bajada y 50 Mbps en el enlace de subida; muchos operadores en la práctica restringen estas velocidades con el fin de no saturar sus redes; dicha política también ha sido acogida por la CNT EP. (ARCOTEL N. , 2015)

Para la introducción de la red LTE en el mercado móvil ecuatoriano, la CNT EP, comercializo un plan de datos de banda ancha móvil de 15 GB, mediante el uso del modem LTE Huawei MIFI E5776, que permite a los usuarios la posibilidad de conectar

sus dispositivos personales (PC o Smartphone) a través de conectividad Wi-Fi o USB, a la red LTE. Posteriormente, con la introducción de Smartphone compatibles con la tecnología LTE, la CNT EP extendió sus servicios a planes de voz y datos limitados, de forma masiva para la explotación de LTE.

3.4. Estructura de red del acuerdo MVNO

La CNT EP, desde el 2007, cuenta con una red basada en tecnología GSM en una modalidad de Roaming Nacional con el operador móvil Telefónica (Movistar); a través de este acuerdo la CNT EP, brinda a sus abonados servicios de voz, mensajería escrita y datos, basados en tecnología GSM. Subsiguientemente, este acuerdo fue modificado para que la CNT EP, pueda también brindar servicios de voz y datos sobre la red 3G de Movistar; con lo cual se solventaba el problema de sitios poblacionales sin o con limitada cobertura de la red propietaria de la CNT EP. Las bandas de frecuencia utilizadas para este tipo de servicio, están dadas en función de las bandas concesionadas a la operadora Movistar, esto es: la banda de 850 MHz y la de 1900 MHz. La Figura 3.7, muestra la arquitectura de red MVNO del acuerdo de roaming nacional entre la operadoras Movistar y la CNT EP. En dicha arquitectura se pueden observar los principales elementos que la constituyen.

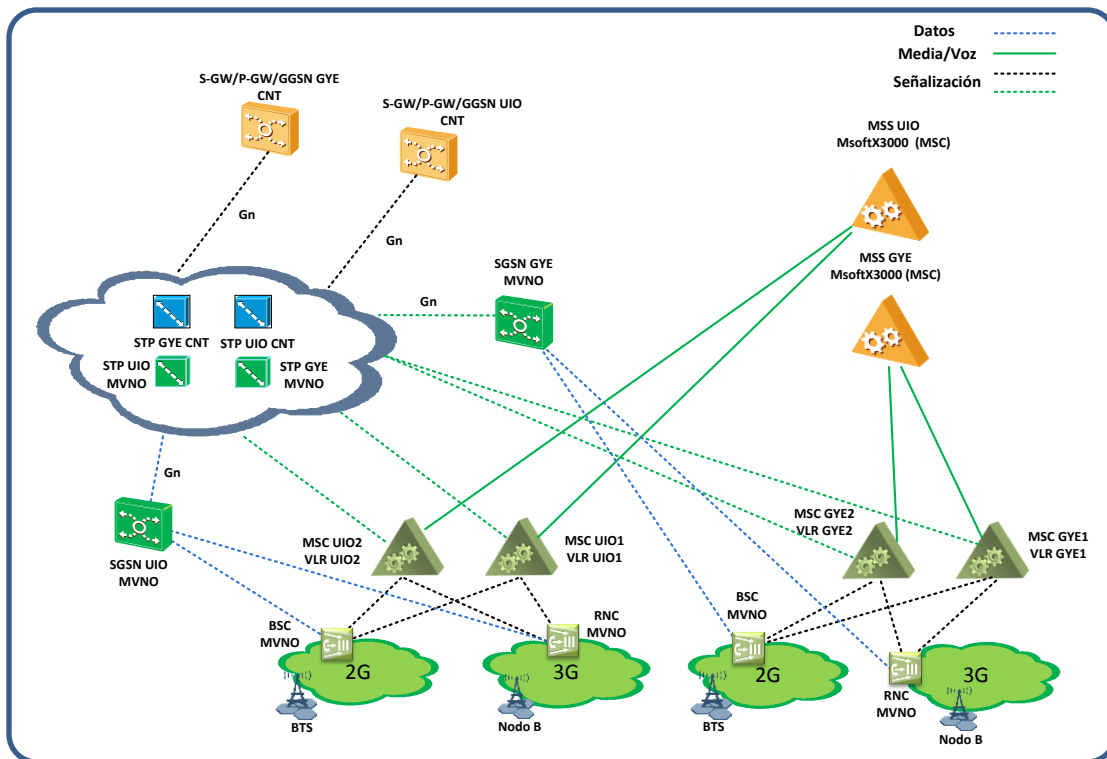


Figura 3.7. Red MNVO - CNT EP. (CNT EP., 2010)

3.5. Red global de la CNT EP y convergencia de redes

Actualmente la CNT EP, cuenta con una red propietaria de última generación con arquitecturas tecnológicas 3G HSPA+ y 4G LTE; además, cuenta con una acuerdo para roaming nacional con Movistar que le permite brindar servicios 2G(GSM/GPRS)/3G(HSPA+) por medio de la red MVNO. La red así estructurada, le permite a la CNT EP, tener una cobertura nacional de su servicio móvil avanzado.

Adicionalmente, la red móvil en mención, esta interconectada a las redes de telefonía fija de la CNT EP (Red fija Andina y Pacifico) a través de su red propietaria MPLS (Multiprotocol Label Switching); a esto se suman los acuerdos de interconexión nacional con otras operadoras móviles del mercado como son Claro (Concel) y la

propia Movistar (Otecel), y de interconexión internacional para la prestación de servicios de roaming. La Figura 3.8, sintetiza de manera general la estructura de red móvil y fija con la que cuenta la CNT EP.

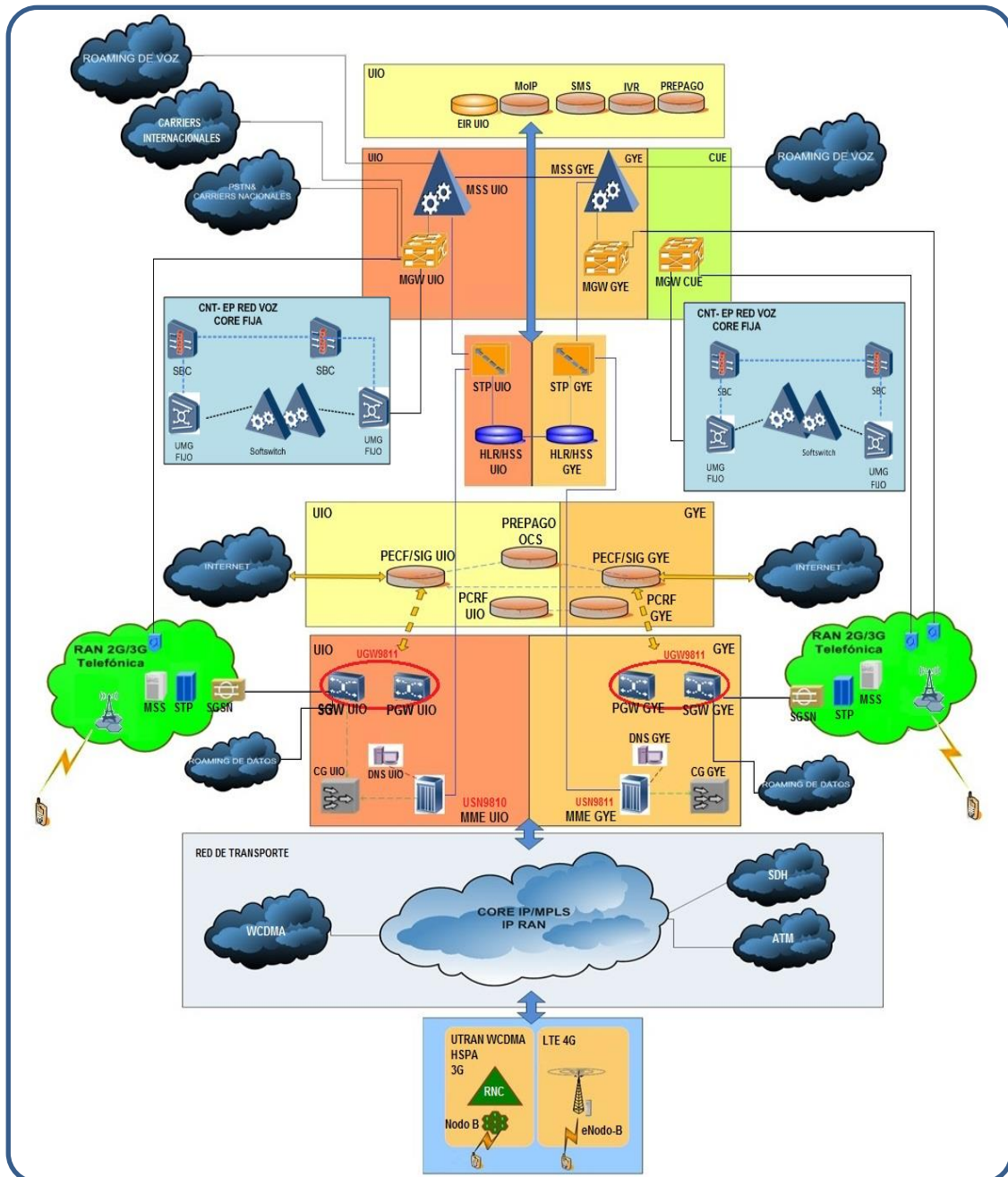


Figura 3.8. Red Fija y Móvil 2G/3G/4G Voz y Datos CNT EP. Elaborado por Autor.

3.6. Procesamiento de llamadas de voz y envío de SMS sobre red LTE

La infraestructura de red LTE inicialmente desplegada por la CNT EP y debido a la propia naturaleza de ella, no permitía la transferencia de los servicios de voz, por lo cual era inminentemente necesaria la implementación de la funcionalidad de CSFB (Circuit Switching FallBack). El requisito previo para la implementación de esta funcionalidad, demandaba la actualización respectiva del Core de Voz, desde el Release 7 a Release 9 de la 3GPP. Con este antecedente, los elementos del Core de Voz: MSC (MSOFTX3000) y MGW (UMG8900), requirieron ser actualizados con versiones de software que permitan brindar la funcionalidad de CSFB desde la red LTE hacia la red 3G WCDMA de CNT EP. Adicionalmente a lo realizado, se requería también la actualización del equipamiento HLR-HSS 9820 hacia la versión HSS9860, la cual posee la funcionalidad de CSFB y permite brindar otras funcionalidades como EIR, AAA, UIM (User Identity Module), IMS HSS. La versión HSS9860, también provee las funciones de HLR y HSS en un solo equipo, por lo cual, es compartido por el dominio de conmutación de circuitos (CS), el dominio de paquetes (PS) de la GSM/UMTS y por LTE, asumiendo de esta forma la operatividad para el Release 9 de la 3GPP.

3.6.1. CSFB (Circuit-switched fallback).

El grupo de estandarización 3GPP, es un organismo que define los estándares de operación, funcionalidades e interconexión de los elementos en las redes de telecomunicaciones. Cabe señalar, que estos estándares no son estáticos, sino que en el transcurso del tiempo y en base a los avances tecnológicos, estos estándares sufren modificaciones con el objetivo de mejorar el desempeño de las redes y crear nuevas

funcionalidades. En base a ello, se ha desarrollado la funcionalidad de CSFB (Retroceso a la Conmutación de Circuitos); la cual es una funcionalidad que permite reutilizar el Core de Voz (CS) para cursar llamadas originadas desde terminales que soporten LTE (Smartphone). Esta técnica, es utilizada en el despliegue inicial de la red LTE, donde la cobertura de 4G es muy limitada y predominan las redes 2G/3G. La red LTE está diseñada para el transporte de datos, pero no para la voz, tal cual se lo realizaría en las redes predecesoras. Con CSFB, se supera la limitante que presentan las redes LTE y a su vez se aprovecha la coexistencia de redes 4G, 3G y 2G. Con CSFB, cuando el terminal hace o recibe una llamada, abandona el dominio de LTE y es redirigido al dominio UMTS o GSM, permaneciendo en estas hasta que la llamada sea completada. CSFB, hoy por hoy, es la solución predominante para la interoperabilidad de los servicios de voz con las redes LTE, por lo cual su uso es considerado como una primera fase de evolución hacia LTE (Qualcomm, 2012) (Iquall, 2014). Dentro de las ventajas del uso de CS-Fallback, se pueden mencionar:

- Las llamadas de voz, son redirigidas hacia la conmutación de circuitos, la cual es una estructura confiable para la transmisión de la voz.
- NO demanda recargo alguno de cobro por parte del operador.

Pero CSFB, presenta también ciertas desventajas:

- No es posible experimentar la calidad de la voz HD.
- El performance de la transmisión de datos, disminuye notablemente durante la ejecución de llamada.

La Figura 3.9, se muestra el procedimiento de CSFB, durante la ejecución de una llamada de voz, inicializada o finalizada, en un terminal registrado en el dominio de la red LTE.

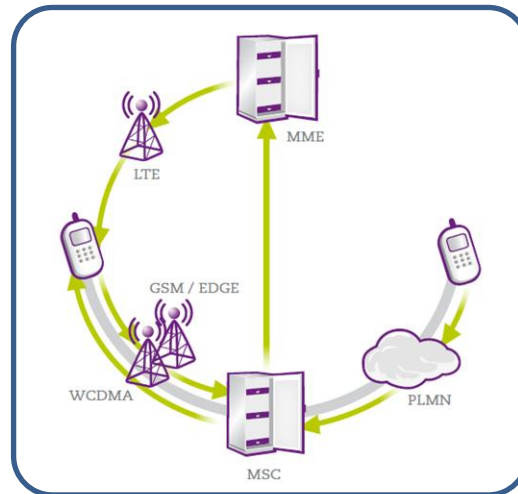


Figura 3.9. Procedimiento de CSFB. (Iquall, 2014)

Entre las características de la arquitectura de red para CSFB, la más importante es la interfaz de SGs. La interfaz SGs, conecta a la MME con el MSC server y provee la funcionalidad de paging y gestión de movilidad (MM). Además, proporciona la funcionalidad de transmisión de SMS sobre SGs. La capa de transporte de la interfaz SGs, utiliza SCTP (Stream Control Transmission Protocol)³⁰ para garantizar que la transmisión sea confiable. Para que esta interfaz pueda ser utilizada de forma adecuada, se requiere que:

³⁰ SCTP: es una alternativa a los protocolos de transporte TCP y UDP pues provee confiabilidad, control de flujo y secuenciación como TCP. Sin embargo, SCTP opcionalmente permite el envío de mensajes fuera de orden y a diferencia de TCP, SCTP es un protocolo orientado al mensaje (similar al envío de datagramas UDP).

- MSC Server: Soportar la interfaz SGs
- RNC: Soportar redirect back a LTE después de completar el proceso de CSFB.
- MME: Soportar SGs
- eNodeB: Soporte funcionalidades de CSFB MME y mecanismos de redirección fallback para la implementación del handover.
- UE: Soportar CSFB

La Figura 3.10, muestra la arquitectura de red CSFB, requerida para el despliegue de voz en las etapas iniciales de LTE; en ella se puede observar la ubicación de la interfaz SGs, necesaria para CSFB.

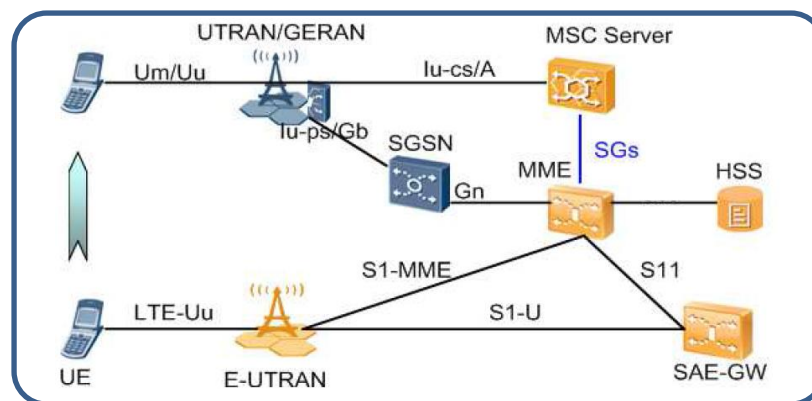


Figura 3.10. Arquitectura de red para CSFB. (Huawei T. , Presentación Core de Voz para CNT para brindar la funcionalidad de Circuit Switching Fall Back , 2014)

3.6.2. Llamada de voz con CSFB.

La Figura 3.11, muestra de forma general, el procesamiento de una llamada de voz con CSFB.

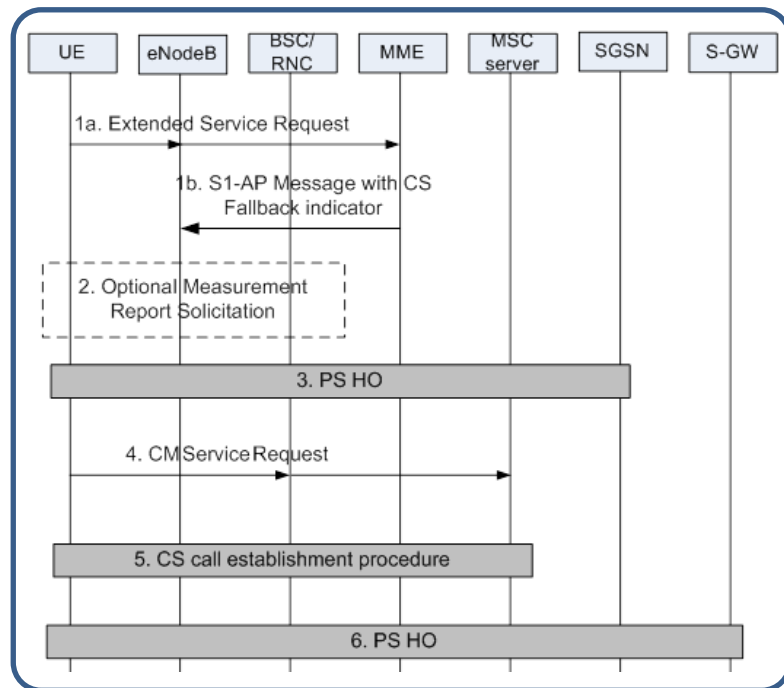


Figura 3.11. Procesamiento llamadas de voz con CSFB. (Huawei T. , Service Flows for Huawei CSFB Solution., 2014)

A continuación se describe punto a punto, el procedimiento empleado para CSFB:

1. El UE que cuenta con la funcionalidad de CSFB, inicia una llamada de voz.
 - a. Envía un mensaje de solicitud de servicio extendido (Extended Service Request) para el MME, el mismo que contiene la información del tipo de servicios requerido, que para el caso es CSFB.
 - b. El MME envía el mensaje “S1-AP” al eNode-B señalando el requerimiento de CSFB. El mensaje indica al eNode-B, que el UE necesita ser movido a la GERAN/UTRAN.
2. El eNode-B solicita información al UE, del GERAN/UTRAN destino, a la que se desea mover.

3. El eNode-B libera el procedimiento de PS HO (Packet Switching Handover) hacia la celda GERAN/UTRAN destino, mediante el envío de un mensaje de requerimiento de handover al MME. Durante el PS HO, la E-UTRAN origen y la GERAN/UTRAN, negocian los recursos necesarios para la ejecución del handover hacia la red 3G, manteniendo el servicios de datos. Posteriormente el UE se conecta a la celda GERAN/UTRAN en función de los mensajes de información de handover enviados por la E-UTRAN.
4. La UE envía un mensaje de solicitud de servicio de voz (CM Service Request), estableciendo una conexión con el servidor MSC.
5. Una vez establecida la conexión con el MSC vía la interfaz SGs, el UE inicia el procedimiento para establecer e inicializar la llamada de voz.
6. Si previamente se tenía una llamada de datos en curso, el proceso de PS HO, debe mantener la sección establecida; para lo cual, el UE desencadena el procedimiento de actualización de la información del área en la cual se encuentra actualmente registrado (RNC) y así poder ser atendido por la SGSN respectiva. (3GPP, 2012)

3.6.2.1. PS Handover y Fast Return.

Dentro del proceso que se realiza para el establecimiento de una llamada de voz en una red LTE y a través de CSFB, existen dos etapas claves para que dicho proceso sea completado con éxito. El primero, ocurre en el proceso de inicialización de la llamada de voz, es decir, en el instante que el equipo requiere realizar un cambio desde la red 4G a 3G, para completar la llamada de voz. El proceso en mención se denomina “PS

Handover (PS HO)”; durante la ejecución de este proceso, los elementos de la red de origen, eNode-B y MME, realizan procedimientos y solicitudes para el cambio de los recursos de radio asignados al UE en 4G, hacia recursos de la red 3G. Posteriormente, los elementos de la red destino (3G), SGSN y RNC, realizan el proceso de relocalización del UE (Relocation), esto con el fin de aprovisionar los recursos de radio necesarios para que el terminal móvil pueda realizar la llamada de voz y completar el procesos de PS handover, manteniendo las llamadas de datos. El objetivo del PS Handover, es el de negociar los recursos para el establecimiento de las llamadas de voz sin interrumpir las sesiones activas de datos. En la red de la CNT EP, el proceso de PS HO conlleva tiempos aproximados entre 1 y 3 segundos.

El segundo proceso denominado “Fast Return”, se encuentra implícito en la terminación o cierre de la llamada de voz; es decir, en el instante en que el terminal debe finalizar su visita momentánea en la red 3G, ocasionada por la atención de la llamada de voz entrante o saliente, y regresar a la red prioritaria, que para el caso es la red 4G. Básicamente, lo que se persigue con el proceso de Fast Return, es que el terminal cierre las sesiones de voz y datos, de forma inmediata. Este proceso se lo lleva a cabo mediante la liberación (Release) de los recursos que se asignaron al UE durante el proceso de PS HO. La liberación de recursos, demanda la renegociación de otros recursos, que le permitan al terminal retornar de forma inmediata a la red LTE. En la red de la CNT EP, la funcionalidad del feature “Fast Return”, en la red E-UTRAN Huawei de Quito y Alcatel de Guayaquil, conlleva tiempo de retorno hacia 4G, entre 1 y 3 segundos luego de un evento CSFB, sea que se tenga o no una sesión de datos en curso. La Figura 3.12,

muestra un análisis estadístico del comportamiento de varios terminales de 4G, frente a procesos de CSFB.

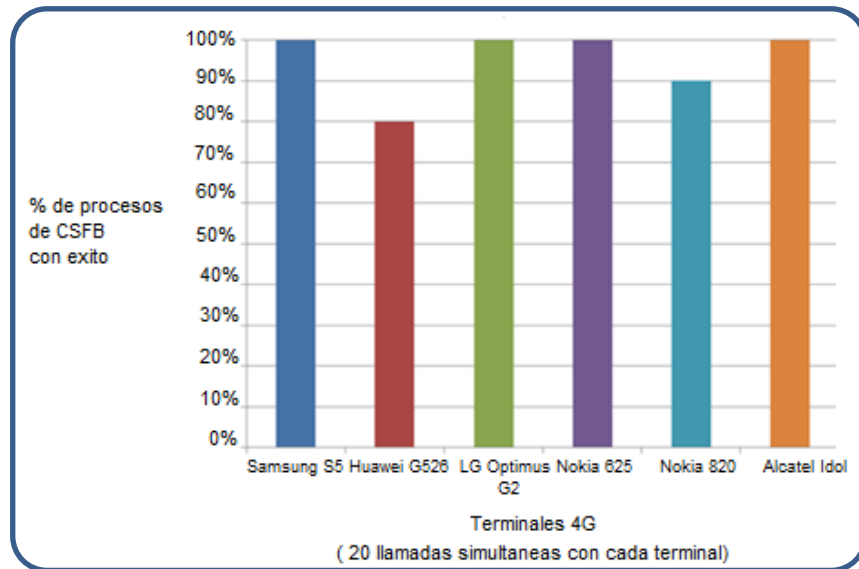


Figura 3.12. CSFB Terminales 4G CNT EP. Elaborado por Autor.

3.6.3. Procesamiento de SMS.

Para el caso de servicio de SMS, la red EPC (LTE) no requiere que el UE realice un cambio hacia la GERAN/UTRAN, ya sea para enviar o recibir los mensajes de texto. Los SMS se transfieren directa y transparentemente, desde la red de acceso LTE hacia el MSC, a través de la interfaz SGs. En este caso, el MME opera como un nodo de transmisión intermedio, para la transferencia de los mensajes entre el UE y el MSC, mejorando la eficiencia del servicio de SMS. En base a lo expuesto, la Figura 3.13, muestra de forma general el proceso de envío de SMS sobre una red LTE.

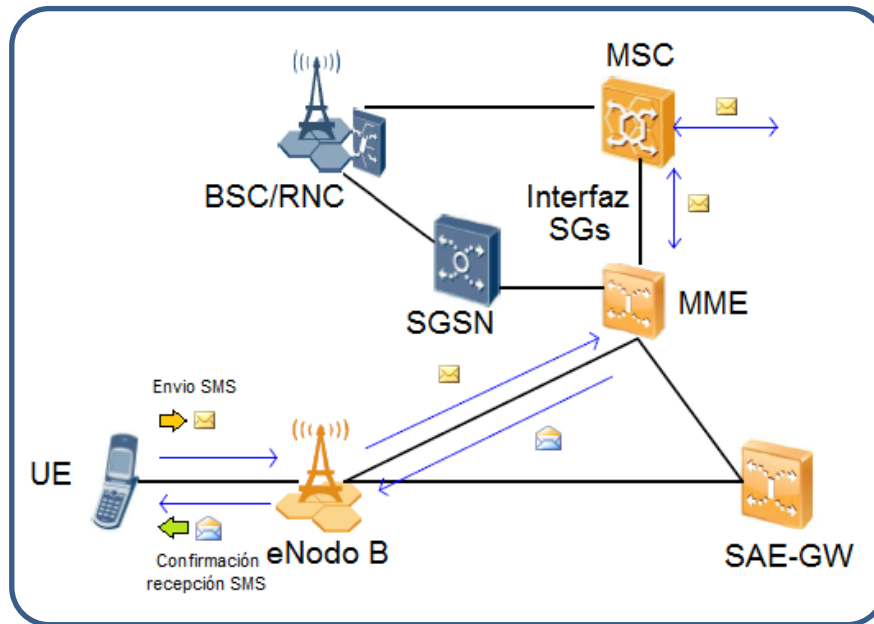


Figura 3.13. Procesamiento de SMS sobre red LTE. (Huawei T. , CSFB Solution., 2011)

3.6.4. Terminales móviles para LTE con CSFB.

La CNT EP actualmente, cuenta con una amplia gama de Smartphone diseñados para tecnología LTE y que operan con las funcionalidades de CSFB, entre ellos se pueden mencionar los siguientes: Huawei MATE 7, iPhone 6, Samsung Galaxy S5, LG G3, Alcatel IDOL 2S 6050, entre otros. En la red de la CNT EP, el proceso actual de CSFB es transparente para el usuario final, sea que este tenga o no una sesión de datos activo. Ya en la práctica, el proceso de CSFB se lo percibe de la siguiente manera en los terminales móviles:

1. Considérese un terminal de 4G, con sesión de datos activa y operando como módem USB. Para pruebas se utilizó el terminal móvil “Samsung S4 mini (GT-I9195L)” diseñado para la banda AWS LTE y la aplicación móvil “G-NetTrack Versión 9.3”, para registrar los eventos de PS HO durante el proceso de CSFB.

Las Figuras 3.14 (ping continuo para verificar la estabilidad de la sesión de datos) y 3.15 (terminal registrado en el red LTE), muestra el estado inicial del terminal con una sesión de datos activa, antes de proceso de CSFB.

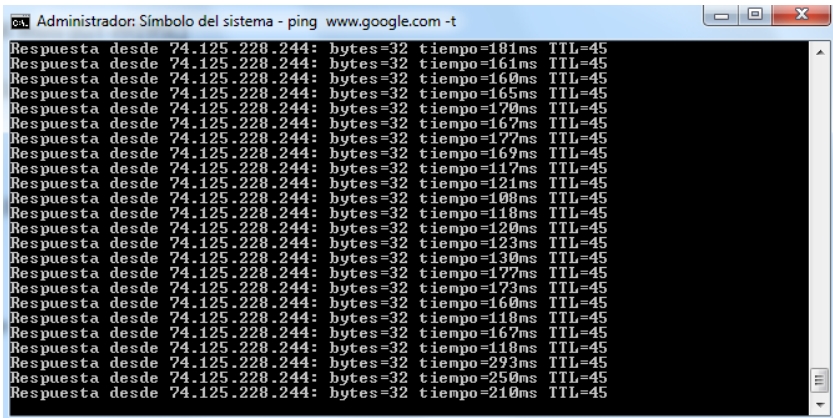


Figura 3.14. Sección de datos activa (Terminal con función de modem USB).

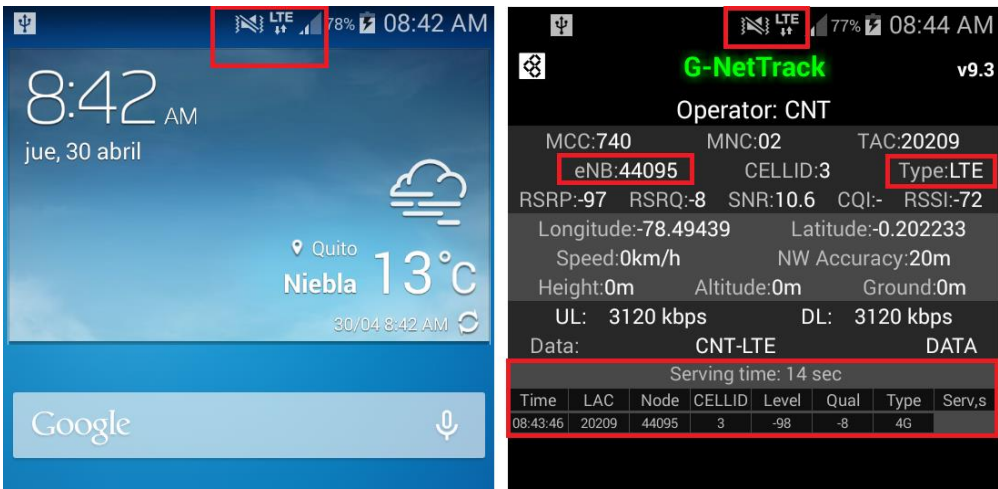


Figura 3.15. Terminal registrado en la red LTE.

- 2. Al realizar una llamada de voz, se puede observar, mediante un ping continuo hacia el Internet, que la sesión de datos previamente establecida, presenta tiempos altos de respuesta (latencia en el envío de paquetes). En la Figura 3.16,

se pueden observar la alteración que provoca el proceso de CSFB en la sesión de datos, aunque no implica el cierre o caída de la misma. La Figura 3.17, muestra el cambio de tecnología que experimenta el terminal móvil (de 4G a 3G).

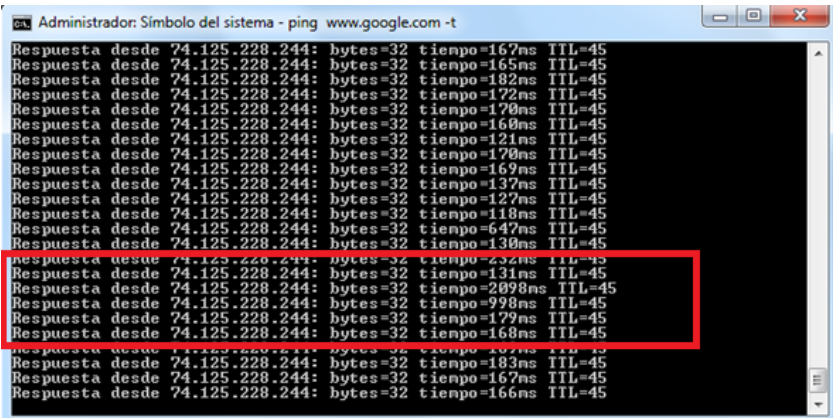


Figura 3.16. Sección de datos presenta latencia.

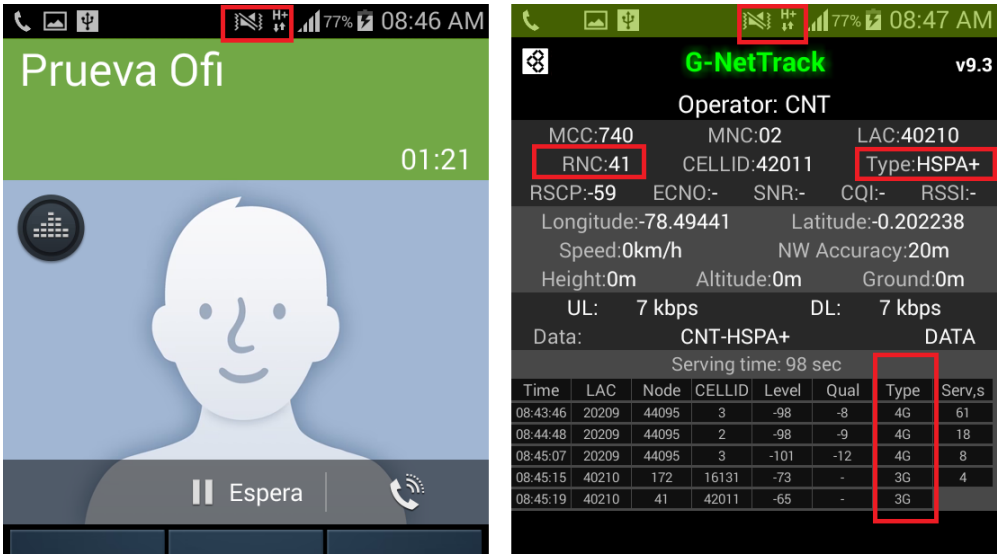


Figura 3.17. Proceso de PS HO (LTE/4G a HSPA+/3G).

3. Finalmente, al terminar la llamada de voz, se puede observar que el terminal retorna de forma inmediata a la red LTE, manteniendo activa la sección de datos.

La Figura 3.18 muestra como la transmisión de paquete se mantiene estable durante el retorno de 3G a 4G. En la Figura 3.19, se puede observar el proceso de cambio del terminal hacia la red 4G.

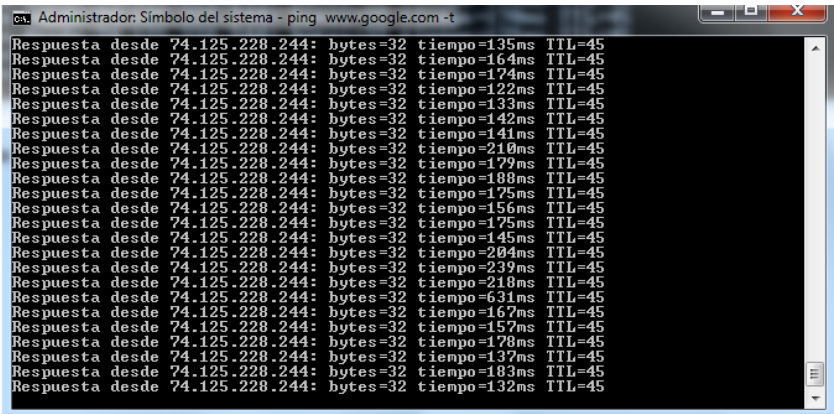


Figura 3.18. Sección de datos estable al cierre de la llamada de voz.

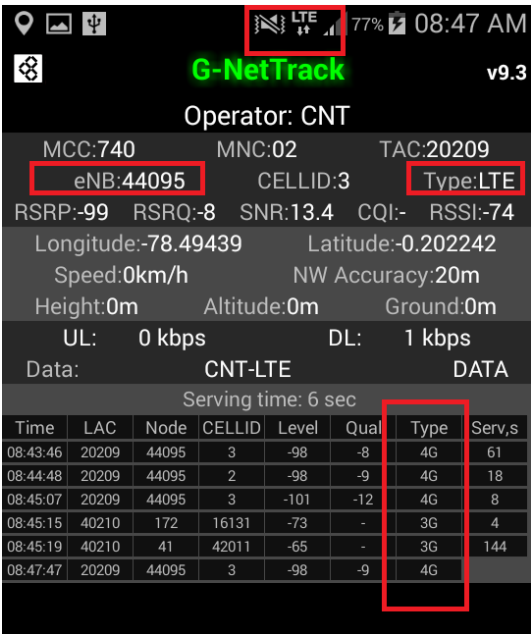


Figura 3.19. Proceso de Fast Return (HSPA+/3G a LTE/4G).

De las pruebas realizadas se concluye, que el proceso de CSFB, en la red de la CNT EP, se efectúa de forma adecuada y sin interrumpir las secciones de datos activas, aunque se observa latencia en los datos al inicializar las llamadas de voz (PS HO), lo propio al finalizar las mismas (Fast Return), sin que esto conlleve el corte o caída de la sesión de datos establecidas. Mediante una herramienta de monitoreo adquirida por la CNT EP (M2000), se puede observar, la mensajería que produce un evento de CSFB; desde el momento que se establece la llamada, hasta el cierre de la misma. La Figura 3.20 muestra a detalle la señalización empleada para CSFB.

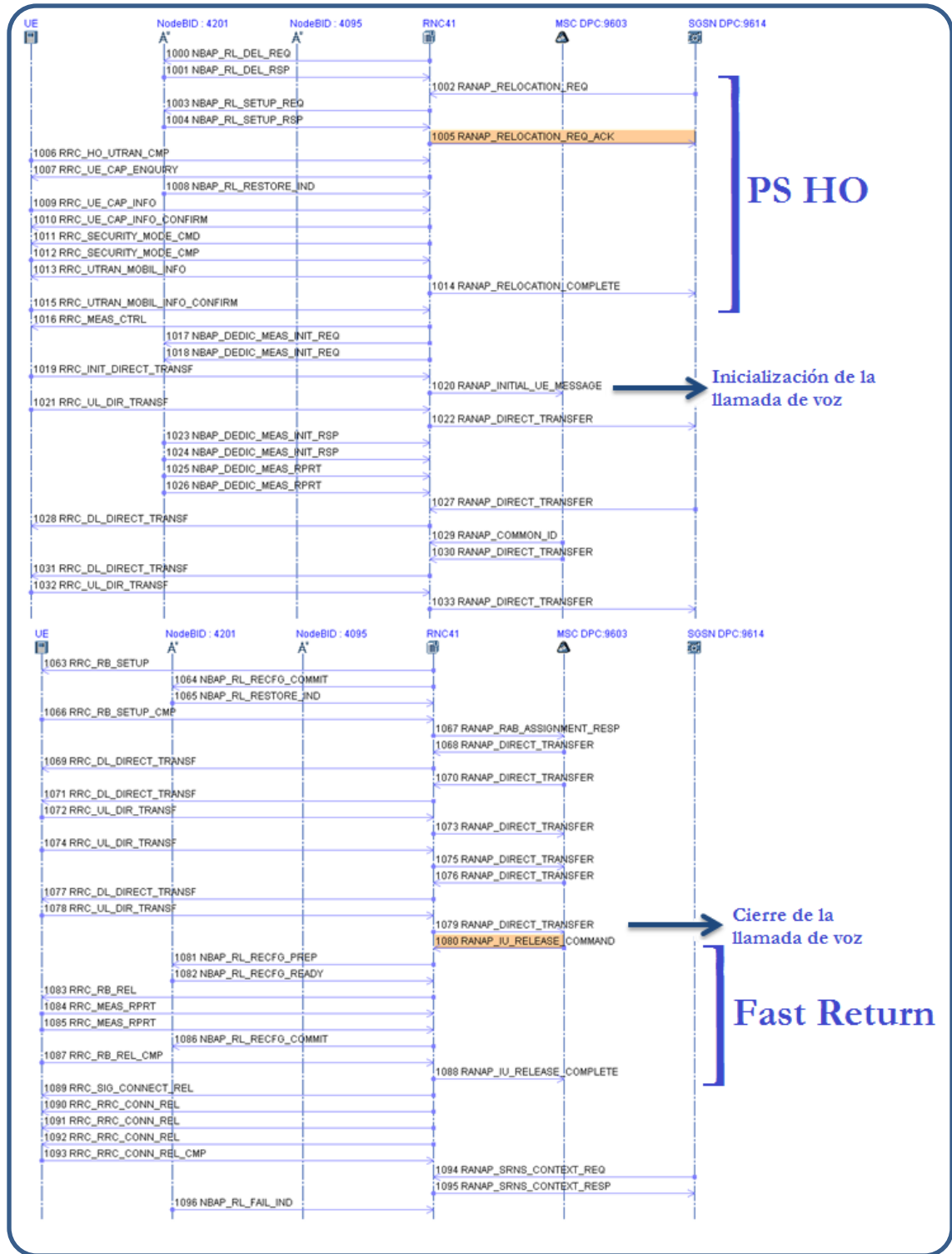


Figura 3.20. Señalización de red/Proceso de CSFB.

3.7. Limitaciones de la red LTE y CSFB

En las etapas iniciales de implementación de la red LTE, CSFB es una opción muy atractiva para aprovechar la cobertura de las redes 2G/3G (GSM/UMTS/HSPA) con la transmisión de la voz. Sin embargo, este proceso implica que el terminal móvil de LTE, deba suspender la sección de datos con la red de 4G y establece la conexión de voz a través de redes predecesoras, lo propio para la sesión de datos. Este proceso, disminuye la tasa de transmisión de datos en terminal LTE, debido a que durante la llamada de voz, su operatividad está restringida a la tecnología de 3G (HSPA+). Dicho cambio, en muchas ocasiones, provoca que el usuario final, tenga una mala percepción del servicio, debido a la latencia que se experimenta durante el proceso de CSFB. En la red de la CNT EP, se ha optimizado de la mejor manera posible el proceso de CSFB, minimizando la latencia del envío de paquetes durante el establecimiento y cierre de las llamadas, y además evitando cortes en la señal de datos; sin embargo, la reducción de la tasa de transmisión es inevitable durante dicho proceso, lo cual afecta la percepción del usuario. A esto también se suma el hecho, de que para lograr un proceso de CSFB cien por ciento efectivo, la red 3G debe tener mayor cobertura que la red LTE, lo que no sucede con la red de la CNT EP, que aún tiene limitada su cobertura de red 3G.

A pesar que la CNT EP cuenta con un acuerdo de roaming con Movistar para extender la cobertura de la red (MVNO); dicho acuerdo, no incluye los procesos de CSFB hacia la red 2G/3G de este operador; debido a que el Core CS de CNT EP, no tiene conexión directa con la red de acceso de Movistar (BSCs/RNCs). La conexión se realiza de manera Peer To Peer entre los MSCs de las dos operadoras, por lo cual, no

existe el proceso de Relocation hacia la red 2G/3G de la Telefónica (Movistar). Esto significa, que en los lugares donde la CNT EP tenga únicamente cobertura LTE, y el complemento para esta red sea tan solo la red 2G/3G de la MVNO; las llamadas de voz, entrantes o salientes, no serán completadas, sino hasta que se tenga cobertura de la red propietaria de la CNT EP. En respuesta a las limitantes tecnológicas presente en la etapa inicial del despliega de voz sobre LTE (VoLTE), la CNT EP está por implementar una arquitectura de red IMS, que le permitirá, no solo proporcionar servicios de voz de alta calidad sobre la red LTE, sin cortes, sin retardos y sin disminución de la tasa de transmisión en las sesiones de datos activas; sino que también, le permitirá implementar servicios convergentes entre sus redes fijas y móviles. En el siguiente capítulo, se analiza y se presenta un estudio de factibilidad técnica para el despliegue del servicio VoLTE nativo sobre la arquitectura de red IMS.

CAPÍTULO 4

ALTERNATIVA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGAN DE VoLTE NATIVO

4.1. Evolución a la arquitectura IMS

IMS está diseñado para permitir el acceso flexible, soportando diferentes tecnologías y diferentes tipos de terminales; además, proporcionando una red central unificada en la capa de aplicación de las redes móviles y fijas. En base de ello, la CNT EP ha contemplado la expansión de hardware, software y licenciamiento de su red fija y móvil, con el objetivo de implementar una arquitectura IMS para brindar servicios convergentes de valor agregado y servicios de VoLTE, sobre la red de cuarta generación. Actualmente, son varios los proveedores, que ofrecen soluciones IMS. Según el informe de “Infonetics”³¹ del 19 de mayo de 2014, acerca de las soluciones IMS y VoIP, los proveedores destacados del primer trimestre del 2014 son: Huawei y Alcatel- Lucent; llegando a la cima debido al fuerte desarrollo en arquitecturas del Core IMS.

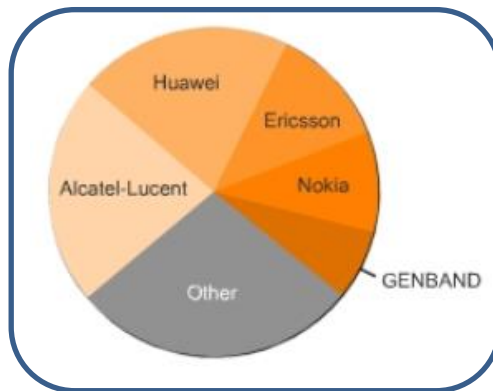


Figura 4.1. Líderes en equipamiento VoIP e IMS – Inicio 2014. (Myers, 2014)

³¹ Infonetics: Firma Consultora Internacional de investigación del mercado mundial de la industria de las comunicaciones desde 1990.

En base a los requerimientos establecidos por la CNT EP, la nueva arquitectura IMS a implementar, deberá contar con componentes, protocolos e interfaces estándar, que permitan la integración con productos de redes de terceros, así como con los componentes de las redes existentes. Dentro de los requisitos más relevantes, que la CNT EP busca para el despliegue de una red IMS, están:

- El equipamiento y/o componentes que conforman el Core IMS, deben cumplir con el estándar 3GPP R8, R9 y R10 (redes móviles) y TISPAN³² Releases 1 y 2 (red fijas).
- La solución propuesta, deberá permitir que los abonados pertenecientes tanto al dominio PS como al de CS de la red 3G/4G y los usuarios de la red fija, puedan disfrutar de servicios convergentes de valor agregado.
- La estructura general, deberá integrarse con las redes actuales de la CNT EP, esto es: la PSTN, HSPA+, LTE, MVNO (2G/3G/HSPA) y la NGN. Además, deberá también integrarse con los sistemas de facturación.
- El Core IMS, deberá permitir ofrecer servicios de voz, video llamada, datos, mensajería, entre otros; basados en protocolos IP, mediante el establecimiento de sesiones independientes del tipo de acceso, ya sea de red fija, móvil o mediante Internet.
- La arquitectura de la solución, deberá permitir un rápido despliegue de servicios innovadores y una fácil incorporación de nuevas funcionalidades.

³² TISPAN: (Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks), es una rama de estandarización de ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

- El Core IMS, deberá permitir una futura integración, con servidores de aplicación (AS) de cualquier fabricante, que permita la prestación de servicios de comunicaciones enriquecidas (RCS/RCS-e), mensajería unificada, video conferencias y VoLTE.

4.2. Descripción de la alternativa técnica IMS

Tomando como base de partida, la arquitectura técnica de la red fija (NGN) y móvil (2G/3G/4G) de la CNT EP y, considerando los prerequisites planteados en el numeral anterior; en la Figura 4.2, se muestra la alternativa técnica requerida para la evolución de la red actual de la CNT EP a una arquitectura IMS, misma que le permitirá la prestación de servicios convergentes de valor agregado, tanto para abonados fijos y móviles, y el despliegue masivo de servicios VoLTE de forma nativa. La estructura técnica presentada, se basa en tecnología Huawei, compatible con el Core 3G/4G actual de la red móvil de la CNT EP; de ahí que los equipos se identificarán en función de la nomenclatura comercial utilizada por el fabricante o proveedor de los equipos. La solución muestra los equipos necesarios para la implementación de la arquitectura IMS y la forma como estos se interconectan a la red fija y móvil de la CNT EP, así como también la manera, de cómo se atenderá a los suscriptores POTS (Plain Old Telephone Service) y SIP. Cabe señalar, que los productos de Huawei para la solución IMS, se basan en la plataforma ATCA, que permite un alto rendimiento y alta escalabilidad de los sistemas. De hecho, todas las aplicaciones Huawei del plano de control, se ejecutan sobre una plataforma ATCA (Anexo 1- Infraestructura ATCA).

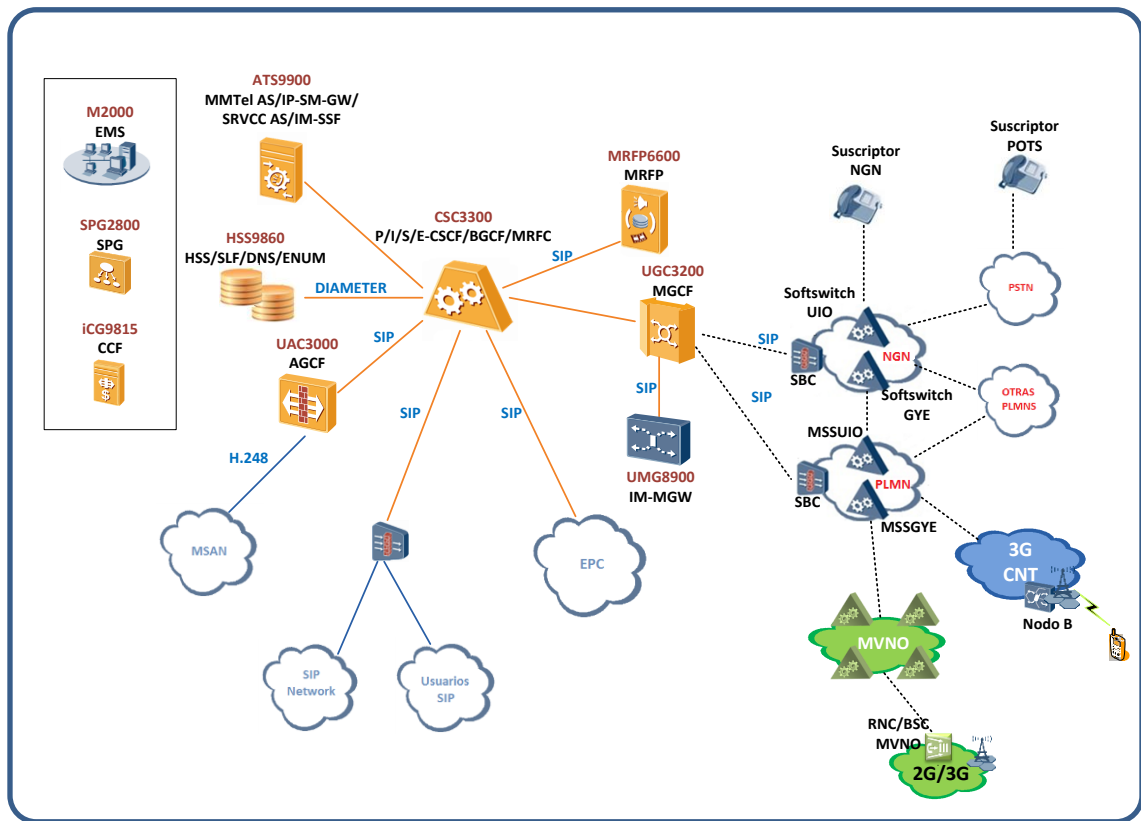


Figura 4.2. Solución IMS. Elaborado por Autor.

En la Tabla 4.1, se enlistan los equipos requeridos para la expansión de hardware y software del Core fijo y móvil de la CNT EP, esto con el fin de conseguir la arquitectura IMS necesaria para el despliegue de servicios convergente. En esta Tabla, también se indican las referencias comerciales de los equipos que la conforman. La arquitectura como tal, requiere también de plataformas adicionales para el procesamiento de CDR, facturación y aprovisionamiento de usuarios IMS.

| EQUIPOS PARA ARQUITECTURA IMS | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Equipos | Referencia Comercial |
| P/I/S/E-CSCF/BGCF/MRFC | CSC3300 |
| MRFP | MRP6600 |
| MGCF/IM-MGW | UGC3200/UMG8900 |
| AGCF | UAC3000 |
| HSS/SLF/DNS/ENUM | HSS9860 |
| MMTel AS/IP-SM-GW/SRVCC AS/IM-SSF | ATS9900 |
| PLATAFORMAS | |
| CCF | iCG9815 |
| EMS | M2000 |
| SPG | SPG2800 |

Tabla 4.1. Equipos y plataformas a implementar para arquitectura IMS. (Huawei, Productos Huawei, 2015)

4.2.1. Expansión de hardware y Software IMS.

La Figura 4.3, muestra el hardware y software requerido para la implementación de la solución IMS, distribuido en capas funcionales:

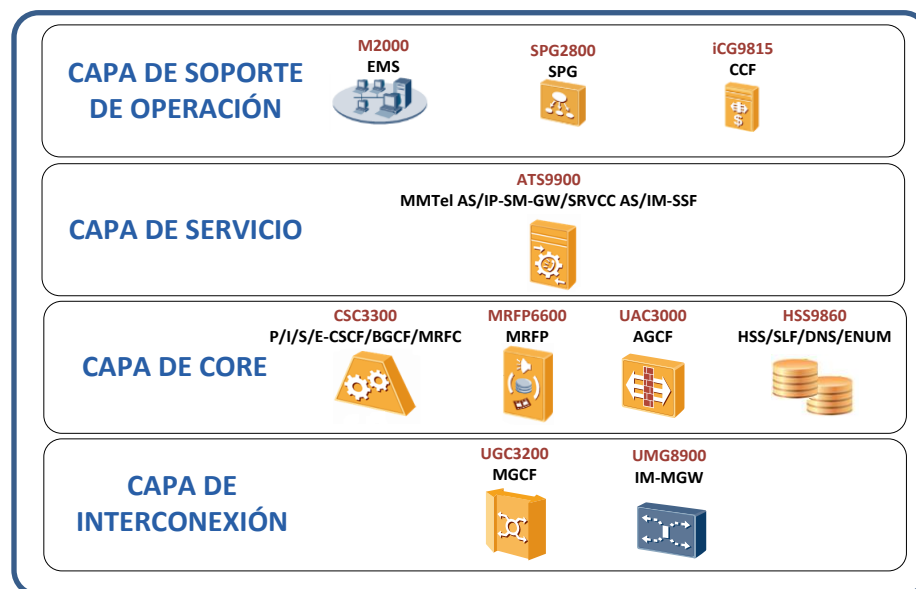


Figura 4.3. Solución IMS distribuida en capas. (Huawei Technologies, 2014)

4.2.2. Equipamiento técnico requerido IMS.

A continuación se presentan las funcionalidades de los equipos requeridos para el despliegue de la arquitectura IMS:

4.2.2.1. Equipos Capa de Servicio.

4.2.2.1.1. ATS9900.

Es un servidor de aplicaciones (SA) que provee servicios a suscriptores móviles y de banda ancha. Permite las funcionalidades lógicas de los siguientes elementos de red:

- **MMTel-AS (multimedia telephony – SA):** Para proveer servicios multimedia de telefonía, básicos y suplementarios.
- **IP-SM-GW (IP - Short Message - Gateway).-** Para proveer la función de SMS entre usuarios IMS y CS.
- **SRVCC AS.-** Provee funciones de SRVCC, al interconectarse con la SRVCC IWF (Single Radio Voice Call Continuity Interworking Function) y funciones de eSRVCC (enhanced Single Radio Voice Call Continuity) al interconectarse con la ATCF (Access Transfer Control Function)/ATGW(Access Transfer Gateway).
- **IM-SSF (IP Multimedia Service Switching Function).-** Para proveer servicios de red inteligente (IN) en IMS y conectar dicha red al SCP (Session Control Point) utilizando los dispositivos existentes.

4.2.2.2. Equipos Capa Core.

4.2.2.2.1. CSC3300.

El equipo CSC3300, tiene la capacidad para soportar diez millones de abonados de forma simultáneos y un volumen de tráfico en la hora pico de veinte millones de intentos de sesiones. Su sistema operativo se basa en Linux; este permite las funcionalidades lógicas de los subsistemas: I-CSCF, P-CSCF, S-CSCF, E-CSCF, MRFC y BGCF.

- **El I-CSCF.-** Permite las funcionalidades de punto de acceso principal hacia la red local del operador. El I-CSCF es el encargado de buscar y asignar el S-CSCF para el registro del suscriptor.
- **El S-CSCF.-** Empleado como el nodo central en el dominio IM; realiza el proceso de registro del suscriptor, control del inicio de la sesión, enrutamiento de la sesión y control de autenticación.
- **El P-CSCF.-** Sirve como el punto de conexión para suscriptores SIP, en el acceso al dominio IMS.
- **El BGCF.-** Es la frontera entre el dominio IMS y las redes externas PSTN/PLMN. El BGCF es usado para seleccionar la MGCF durante la interconexión.
- **El MRFC.-** Controla al MRFP para la gestión de recursos de media.

4.2.2.2.2. MRP6600.

Corresponde a la entidad de red MRFP y provee la función de I-BGF (interconnection border gateway function) para soportar recursos multimedia y conferencia de audio/video.

4.2.2.2.3. UAC3000.

Corresponde a la entidad AGCF (Access Gateway Control Function), la cual provee acceso a la red IMS para suscriptores: H.248, MGCP³³, V5³⁴, BRA³⁵, PRA³⁶, CDMA WLL³⁷, ISUP y TUP³⁸.

4.2.2.2.4. HSS9860.

Como expresado en el capítulo 3, el HSS constituye la evolución del HLR en GSN/UMTS; básicamente, se trata de una base de datos que almacena la información del suscriptor y su localización. Este permite las funcionalidades lógicas de los elementos de red (NE): SLF (Subscriber Location Function), DNS/ENUM (Domain Name Server /Telephone Number Mapping).

³³ MGCP (Media Gateway Control Protocol): sirve para el control de los media gateways, que forman la interfaz entre la red de conmutación de circuitos y la red de conmutación de paquetes. MGCP le permite a un llamante con un número telefónico PSTN localizar el equipo de destino y establecer una sesión de VoIP.

³⁴ V5: es una familia de protocolos de red telefónica definida por ETSI que permite las comunicaciones entre la central telefónica, también conocida como Central Local (CL) y el bucle de abonado.

³⁵ BRA (Basic Rate Access): El acceso básico, conocido también por la sigla inglesa BRI (Basic Rate Interface), consiste en dos canales B full-duplex de 64 kbit/s y un canal D full-duplex de 16 kbit/s. Luego, la división en tramas, la sincronización, y otros bits adicionales dan una velocidad total a un punto de acceso básico de 192 kbit/s.

³⁶ PRA (Primary Rate Access): El acceso primario, también conocido por la sigla inglesa PRI (Primary Rate Interface) está destinado a usuarios con requisitos de capacidad mayores, tales como oficinas, empresas con PBX digital o red de área local. Estados Unidos, Japón y Canadá usan una estructura de transmisión basada en 1,544 Mbit/s, mientras que en Europa la velocidad estándar es 2,048 Mbit/s. Típicamente, la estructura para el canal de 1,544 Mbit/s es de 23 canales B más un canal D de 64 kbit/s y, para velocidades de 2,048 Mbit/s, 30 canales B más un canal D de 64 kbit/s

³⁷ CDMA WLL: Code Division Multiple Access Wireless local loop

³⁸ TUP: Telefonía de Uso Público, red que incluye cabinas situadas en lugares públicos como calles.

- **SLF.-** Permite las funciones de localización del usuario. Cuando la red IMS contiene múltiples HSSs que almacenan diferentes usuarios registrados, los elementos de red (I-CSCF/ S-CSCF/AS) que se encuentra dentro del dominio IMS, obtiene los datos del usuario desde el HSS, pero deben utilizar primero el SLF para determinar que HSS almacena sus datos y luego proceder a la consulta.
- **DNS/ENUM.-** El DNS convierte un nombre de dominio en una dirección IP. El ENUM, por su parte, analiza el número de abonado para obtener el nombre de dominio, convirtiendo la dirección E.164³⁹ del Tel URI (Uniform Resource Identifier)⁴⁰ al SIP URI⁴¹, que es alcanzable para el Core IMS. Cabe señalar que los dos tipos de formato, Tel URI y SIP URI, pueden coexistir en la red IMS.

4.2.2.3. Equipos de Interconexión.

4.2.2.3.1. UMG8900.

Constituido por el IM-MGW (IP Multimedia Media Gateway); implementa el servicio de conversión de voz, interconexión y el servicio de procesamiento del flujo de formato de voz. El UMG8900 soporta los códecs de procesamiento de voz: G.711, G.723, G.729, G.726 y AMR.

³⁹ E.164: El SUBID (subscription ID, número E.164) es empleado para identificar de manera única un suscriptor IMS dentro de un sistema IMS. Por ejemplo el suscriptor con número +593997878566 (E.164).

⁴⁰ Tel-URI: corresponde al número de suscriptor: (tel : <MSISDN> - Mobile Station International Subscriber Directory Number)

⁴¹ SIP-URI: corresponde al Tel-URI+dominio (sip:<MSISDN@dominio>). Por ejemplo +593997878566@dominio.

4.2.2.3.2. *UGC3200.*

Como lo explicado en el capítulo 1, corresponde al MGCF; básicamente es un gateway que sirve para comunicar a los usuarios IMS con los usuarios de CS. Hace el cambio de ISUP/BICC a SIP y envía la sesión hacia IMS. También controla a la IM-MGW.

4.2.2.4. *Plataformas Capa de Soporte de Operación.*

4.2.2.4.1. *M2000.*

El EMS (Element Management System), comercialmente conocido como M2000, es un sistema de operación y mantenimiento centralizado (OM) para gestionar los NEs en las redes 3G/4G. El M2000 ofrece una gama completa de interfaces northbound⁴², diseñadas para poderse conectar con sistemas de gestión de red (NMS - Network Management System) de diferentes fabricantes. Básicamente, el EMS funciona como una plataforma de gestión unificada de los NEs. Actualmente existe en la red de CNT EP un M2000, el cual será actualizado a UM2000 para que pueda soportar servicios IMS.

4.2.2.4.2. *Sistema de Facturación*

En el sistema de facturación, las redes IMS, LTE y CS, utilizan a los elementos de red CCF (Charging Collection Function), CG y iGWB (iGateway Bill), como elementos de tarificación respectivamente. Todos ellos generan CDRs de las llamadas generadas.

⁴² Interfaz northbound: en las redes de computadoras, la Interfaz northbound, es utilizado por el operador para monitorear el desempeño de toda la red. Una Interface northbound se utiliza para interactuar con capas de nivel superior.

- **iCG9815**

Es el CCF del sistema; conecta a los elementos de la red IMS y a los elementos de facturación del sistema. Realiza la conversión de CDRs originales a CDRs finales, utilizados en el proceso de facturación.

El CCF provee las siguientes funciones:

- ✓ Recolecta la información de tarificación generada por los diversos elementos de la red de IMS (E-CSCF, MGCF y ATS).
- ✓ Transmite CDRs hacia el dominio de billing

- **SPG2800**

Corresponde al SPG (Service Provisioning Gateway) del sistema; el cual funciona como una puerta de enlace de interfaz unificada para el aprovisionamiento de servicios.

4.2.3. Interfaces y Protocolos IMS.

La Figura 4.4 muestra todas las interfaces lógicas que pueden estar presentes en la solución IMS; sin embargo, no todas las interfaces deben ser necesariamente utilizadas en una determinada solución IMS.

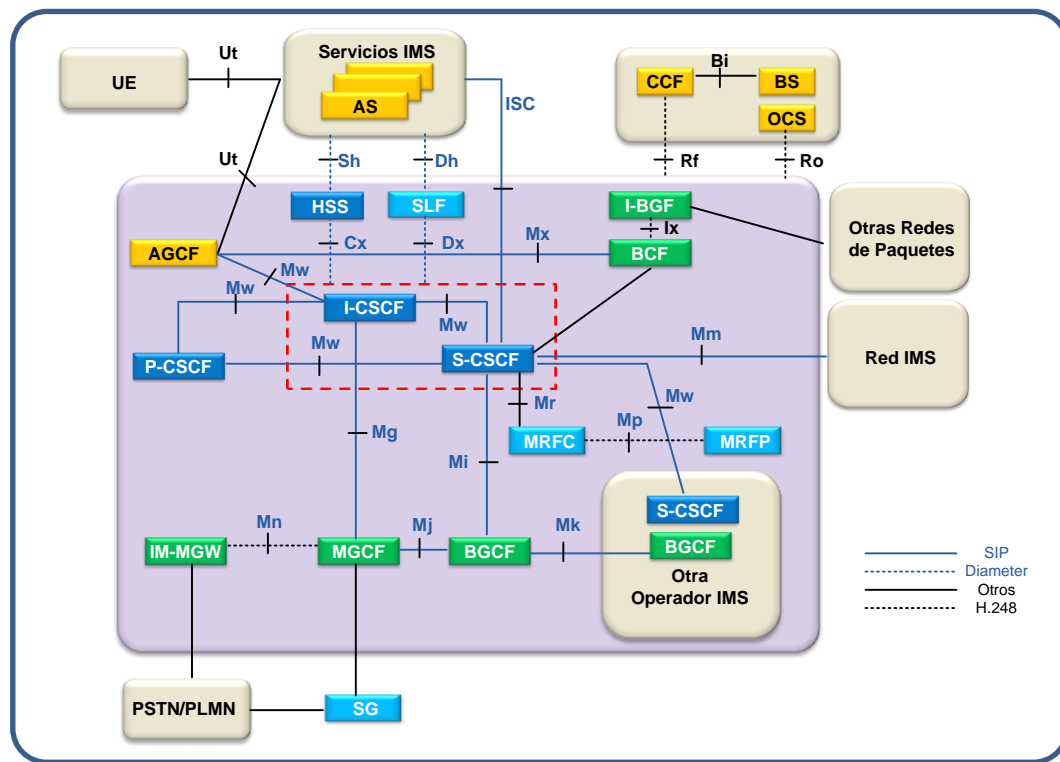


Figura 4.4. Interfaces de la solución IMS (Huckridge, 2008) (Multiservice Forum, 2011)

En la Tabla 4.2, se describen a detalle los interfaces y protocolos utilizados en la solución IMS:

| Interface | Ubicación | Funcionalidad | Protocolo |
|------------|--------------------|--|-----------|
| Ut | UE - AS | A través de la cual se personaliza las opciones del SA. Soporta IPv4 e IPv6. | HTTPS |
| ISC | S-CSCF - AS | En base a los datos del HSS y a los mensajes SIP del terminal, el S-CSCF enruta la llamada a un AS a través del ISC para procesar el servicio de valor agregado. | SIP |
| Mx | BCF - CSCF y AGCF. | Interconecta al BCF (Border Control Function), CSCF y AGCF. Permite la interconexión entre las redes IMS y otras redes de paquetes. Soporta únicamente IPv4. | SIP |
| Mr | S-CSCF - MRFC | La interfaz MR, le permite al S-CSCF obtener los recursos para los servicios de red como reproducción de anuncios, conferencias y video. Soporta IPv4 e IPV6. | SIP |

Continúa Siguiente Página

| | | | |
|-----------|------------------------------------|---|----------|
| Mw | Ubicada entre los CSCFs | La interface Mw, es empleada para el envío de mensajes entre los CSCFs en los flujos de sesión y registro. Soporta IPv4 e IPv6. | SIP |
| Mm | S-CSCF - otras redes IP Multimedia | La interfaz Mm interconecta al S-CSCF con otras redes IMS o redes SIP. Soporta IPv4 e IPV6. | SIP |
| Mg | I-CSCF - MGCF | La interfaz Mg, le permite al I-CSCF, controlar la interconexión con otras redes que no son IMS (CS, PS, redes móviles 3G y NGNs). IPv4 e IPv6 para la interconexión entre el I-CSCF y MGCF. | SIP |
| Mi | S-CSCF - BGCF | Localizada entre el S-CSCF y el BGCF (Breakout Gateway Control Function). La interfaz Mi, es utilizada por el S-CSCF para enviar el control de señalización al BGCF. En base a esto el BGCF selecciona una MGCF para la interconexión con las redes 3G, 2G y PSTN. Soportar IPv4 e IPv6 | SIP |
| Mj | BGCF - MGCF | La interfaz Mj, es utilizada por el BGCF para transmitir la sesión de control de señalización al MGCF, esto cuando la red IMS se interconecta con redes PSTN o PLMN. Puede soportar IPv4 e IPv6 para la interconexión entre el BGCF y le MGCF. | SIP |
| Mk | Ubicada entre las BGCFs | La interfaz Mk, es utilizada por el BGCF de la red de origen del S-CSCF, para enviar la sesión de control de señalización al BGCF interconectado con un MGCF. Soporta IPv4 e IPV6. | SIP |
| Sh | HSS - AS | La interfaz Sh, es utilizada por el AS, para realizar consultas y sincronización con el HSS, obteniendo a través de ella, la información lógica de los servicios complementarios. Soporta IPv4 e IPv6. | Diameter |
| Dh | SLF - AS | La interfaz Dh, es utilizada por el AS, para confirmar la dirección del HSS en la cual se encuentra el suscriptor. Soporta IPv4 e IPv6. | Diameter |
| Bi | CCF - BS | La interfaz Bi, es utilizada por el CCF para enviar los CDRs generados al BS (Billing System). | Diameter |
| Rf | CCF - CSCF, MRFC, BGCF y AS | La interfaz Rf se constituye en la interfaz para el establecimiento de la sesión de facturación. Las direcciones IP almacenadas en los CDRs pueden ser IPv4 o IPv6. | Diameter |
| Ro | OCS - AS, MRFC y OCG | La interfaz Ro, permite implementar la facturación online. Soporta IPv4 e IPv6. Las direcciones IP almacenadas en los CDRs pueden ser IPv4 o IPv6. | Diameter |
| Cx | CSCF - HSS | La interfaz Cx, es usada por el CSCF para transferir información con el HSS (ruteo, seguridad y autenticación). Soporta IPv4 e IPV6. | Diameter |

Continúa Siguiente Pagina

| | | | |
|-----------|---------------|--|----------|
| Dx | CSCF - SLF | La interfaz Dx, es utiliza por el CSCF para obtener del SLF la dirección del HSS que contiene la información de usuario, esto en un escenario de múltiples HSS. Con un solo HSS, está interfaz no es requerida. Soporta IPv4 e IPV6. | Diameter |
| Ix | BCF - I-BGF | La interfaz de Ix, es utilizada por el BCF para instruir al MRFP en la conversión de direcciones y códecs multimedia. | H.248 |
| Mp | MRFC - MRFP | La interfaz Mp, es utilizada por el MRFC, para controlar en el MRFP, la gestión de recursos de media (anuncios, conferencias, y el envío y recepción de DTMF). | H.248 |
| Mn | MGCF - IM-MGW | La interfaz Mn, es utilizada por el MGCF para controlar el funcionamiento de la media en el IM-MGW. Soporta IPv4 e IPV6. | H.248 |

Tabla 4.2. Detalle de los interfaces IMS. (Huawei Technologies, 2014)

4.2.4. Identificación de Usuarios IMS.

Para la identificación de suscriptores IMS, se utiliza tres campos: el SUBID (subscription ID), IMPI (IP Multimedia Private Identity) y el IMPU (IP Multimedia Public Identity). La Figura 4.5, muestra el formato de identificación de los suscriptores IMS.

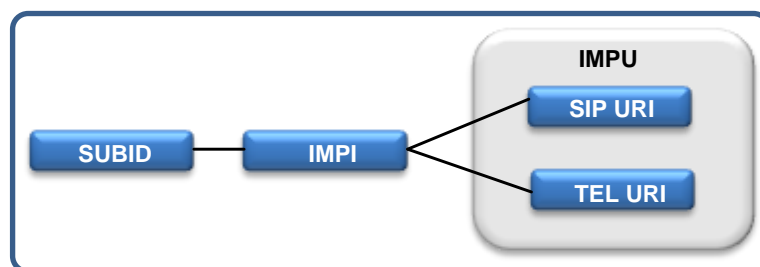


Figura 4.5. Identificación de usuarios IMS (Boman, 2001)

- **El SUBID (subscription ID, número E.164)**

Sirve para identificar de manera única a un suscriptor IMS dentro de dicho sistema.

- **IMPI**

El IMPI, es la identidad única global del usuario, la cual es definida por el operador de la red IMS. El IMPI deberá adoptar el formato de un NAI (Network Address Identifier), como se muestra a continuación:

IMPI = Nombre de usuario@nombre de dominio

Por ejemplo, para el suscriptor con número +593997878566 (E.164), el IMPI de este suscriptor será de la forma: +593996843833@nombre de dominio.

- **IMPU**

El IMPU, es la identificación única del suscriptor, utilizada por el sistema IMS para establecer comunicación con otros suscriptores; este es utilizado en el enrutamiento de las llamadas. Generalmente es recomendable que el IMPU sea igual al IMPI para no confundir la identificación del usuario. El IMPU puede emplear el formato de número SIP URI o TEL URI. Por ejemplo, para el suscriptor con número +593997878566 (E.164), el IMPU SIP URI será de la forma:

sip: Nombre de usuario@nombre de dominio

sip: +593996843833@nombre de dominio

Y el IMPU TEL URI, será de la forma:

<CC - Country Code><NCD- National Destination Code><SN- Subscriber Number>

tel: +593996843833

El TEL URI también se lo conoce como MSISDN (Mobile Station ISDN Number).

4.2.5. Señalización Llamadas IMS.

4.2.5.1. Registro.

El registro es el proceso mediante el cual, los suscriptores acceden a los servicios proporcionados por la red IMS. Para que el suscriptor pueda acceder a los servicios IMS, debe registrar por lo menos un IMPU (SIP URI o TEL URI) en la red y posteriormente el IMPI. En la Figura 4.6, se detalla en proceso de registro de un terminal IMS. (Marcano, 2014)

1: El UE inicia el registro enviando un mensaje REGISTER al P-CSCF, este incluye su IMPI e IMPU.

2: Basado en el dominio del nombre, el P-CSCF consulta al servidor DNS la dirección del I-CSCF y envía el mensaje REGISTER al I-CSCF.

3: Luego de recibir el mensaje REGISTER, el I-CSCF obtiene la dirección IP del HSS y enviando el mensaje UAR (User Authorization Request) al HSS, con el fin de conseguir la dirección del S-CSCF.

4: Después de recibir el mensaje UAR, el HSS verifica que la información del suscriptor se encuentra en la base de datos local. En base a ello, el HSS envía el mensaje UAA (User Authorization Answer) al I-CSCF. Y al mismo tiempo comunica a este, la dirección del S-CSCF que ha sido asignado al suscriptor.

5: En base al resultado, el I-CSCF elige el S-CSCF más adecuado, enviando el mensaje de REGISTER al S-CSCF.

6: Posteriormente, S-CSCF genera el mensaje MAR (Multimedia Authentication Request) al HSS, con la información del IMPI, para obtener el vector de autorización

AV (authorization vector) e informar al HSS sobre el actual S-CSCF que está sirviendo al suscriptor.

7: El HSS responde con el mensaje MAA (Multimedia Authentication Answer), que incluyendo la quintupla o claves de seguridad de autenticación: XRES (Expected Response), AUTN (Authentication Token), RAND (Random Challenge), IK (Integrity Key) y CK (Cipher Key); o en función el modo de autenticación definido para el usuario.

8-9: El S-CSCF, almacena el parámetro XRES, que se utiliza para verificar la autenticación de la respuesta que enviará el terminal de usuario. Luego, el S-CSCF enviará el mensaje SIP 401 Unauthorized, que contiene las demás claves de autenticación requeridas por el P-CSCF.

10: En base al mensaje enviado por el S-CSCF, el P-CSCF, toma las claves IK y CK del mensaje y las almacena; enviado únicamente las claves AUTN y RAND para la autenticación de terminal de usuario.

11-15: Los terminales contienen la misma clave de autenticación almacenada en el HSS, por lo cual, después de recibir la respuesta 401, el terminal autentica la clave AUTN almacenada en la ISIM local (IMS Subscriber Identity Module). La clave recibida y la almacenada en el terminal de usuario deben coincidir para que el proceso de registro sea exitoso. En base a estas claves, el terminal de usuario calcula la respuesta o mensaje RES que es enviada al S-CSCF, la misma incluye al IMPU y al IMPI del usuario.

16: Una vez recibido el mensaje RES, el S-CSCF compara el valor del XRES con el del RES. Si los valores son los iguales, se procede a autenticar al terminal de usuario. Si la

autenticación es correcta, el S-CSCF envía un mensaje (SAR Server Assignment Request) al HSS, para descargarse el perfil del suscriptor.

17: El HSS regresa una respuesta Server Assignment Answer (SAA) al S-CSCF, la cual contiene el perfil del suscriptor.

18-20: Finalmente, el S-CSCF responde con el mensaje 200 OK al terminal de usuario, confirmando que el registro ha sido exitoso.

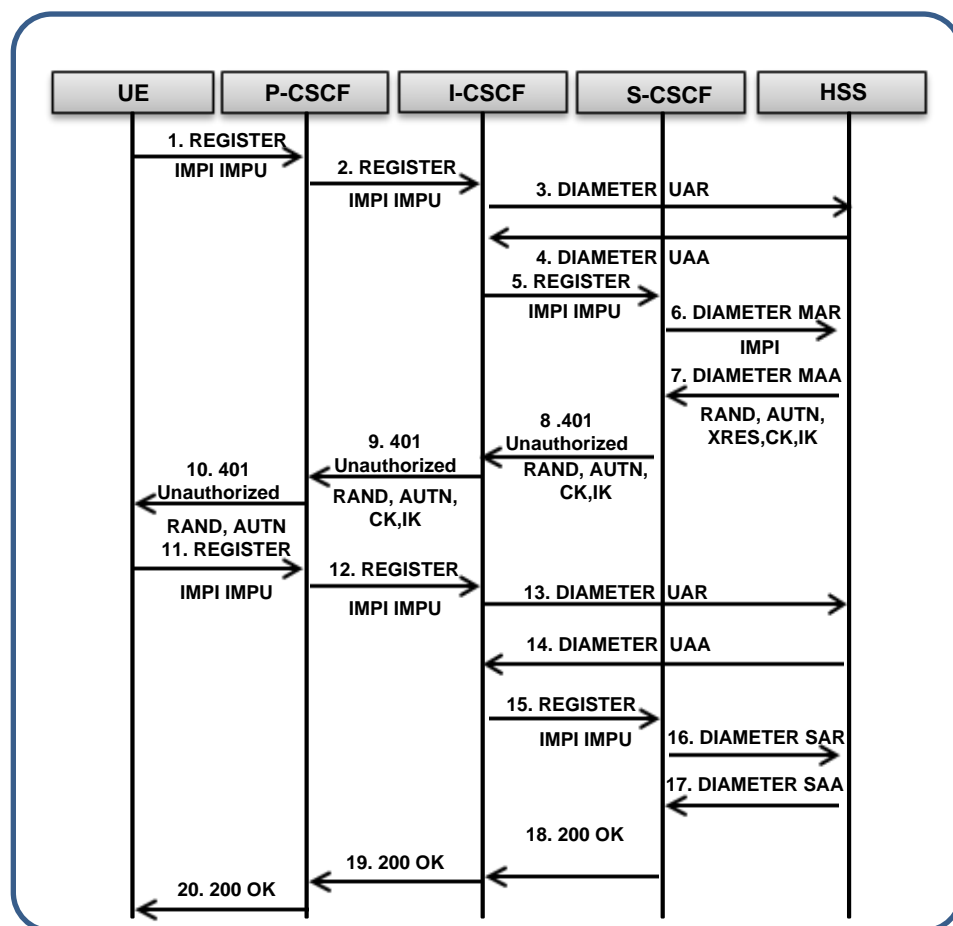


Figura 4.6. Registro suscriptor IMS. (Edadmovil, Edadmovil, 2012) (Marcano, 2014) (Camarillo, 2006)

Después del registro, los elementos de red relacionados con el proceso, almacenan la información que será utilizada para enrutar las llamadas en los posteriores escenarios que así lo requiera (llamadas entrantes o salientes). La Tabla 4.3, muestra la información que guardan los elementos de red.

| Información almacenada en los elementos de red | |
|--|---|
| Equipos | Información |
| UE | <ul style="list-style-type: none"> • Dirección P-CSCF |
| P-CSCF | <ul style="list-style-type: none"> • IMPU • Dirección del UE • Dirección del S-CSCF |
| S-CSCF | <ul style="list-style-type: none"> • IMPU • Perfil de suscriptor • Dirección del HSS • Dirección del P-CSCF • Dirección del UE |
| HSS | <ul style="list-style-type: none"> • Dirección del S-CSCF • Registro del estado del UE |

Tabla 4.3. Información almacenada en los NEs de IMS.

4.2.5.2. Llamadas originadas.

En la Figura 4.7, se muestra el proceso utilizado por un suscriptor de la red LTE/IMS, al instante que origina una la llamada (MO-Mobile Originated).

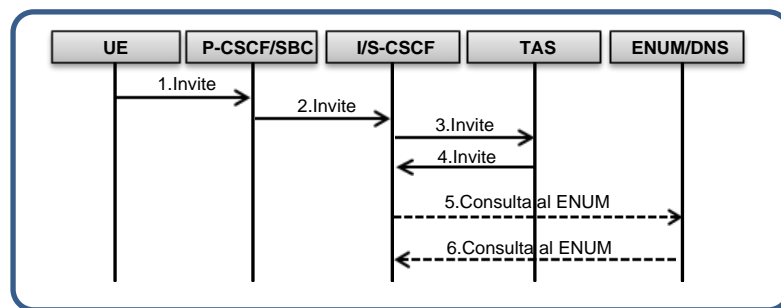


Figura 4.7. Llamada origen suscriptor IMS. (Camarillo, 2006)

Al originarse la llamada del suscriptor, el terminal de usuario, envía el requerimiento de llamada P-CSCF; quien a su vez refiere dicho requerimiento al I/S-CSCF, y este al servidor de aplicación (AS). Finalmente, el AS provee el servicio a la llamada originada.

El AS, después de haber atendido el requerimiento de llamada, envía la misma al S-CSCF y consulta al ENUM la dirección del abonado llamado. En base de ello, el ENUM buscará al suscriptor llamado. Si el usuario llamado es un suscriptor IMS, la llamada se enrutará directamente a la red local IMS del usuario. En cambio, si se trata de un usuario CS, la llamada se enrutará a la red CS vía MGC/GMSC. El GMSC y MSC procesarán el servicio de llamada para el abonado.

4.2.5.3. *Llamadas terminadas.*

En la Figura 4.8, se muestra el proceso utilizado para la recepción de llamadas MT (Mobile Terminated).

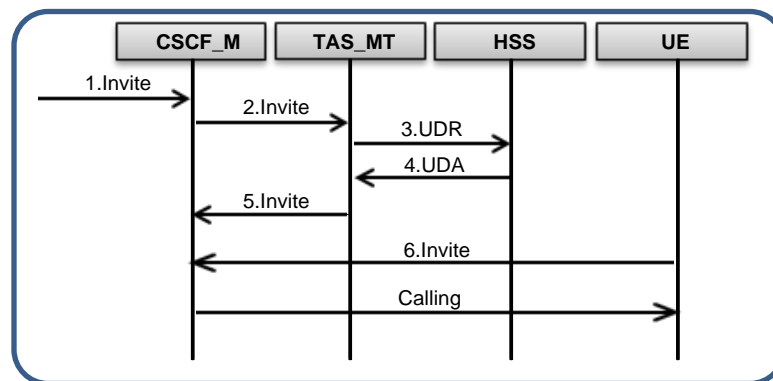


Figura 4.8. Llamada terminada suscriptor IMS. (Camarillo, 2006)

Del lado del MT (Mobile Terminated), el CSCF recibe el mensaje para la solicitud de llamada. El CSCF inicializará la llamada del suscriptor, enrutando la misma hacia el

AS. El AS a su vez, enviará el mensaje UDR (User Data Request) al HSS para obtener información sobre el dominio seleccionado. El HSS enviará la información del dominio seleccionado al AS mediante el mensaje UDA (User-Data-Answer). Posteriormente, el AS enviará un mensaje de invitación al CSCF, y este finalmente, conectará al suscriptor llamado.

4.3. Interconexión de Redes

El Core IMS se interconectará a las redes NGN y PLMN de CNT EP a través del MGCF (UGC3200) y mediante protocolo SIP. La selección de ruta, sea a través de NGN o PLMN, dependerá del tipo de número del Core IMS que origine la llamada, estos pueden ser del rango de números fijos y móviles.

4.3.1. Red PSTN/PLMN (3G y HSPA+).

En la solución IMS, el BGCF (CSC3300) y el MGCF (UGC3200), permitirán la interconexión de la red IMS y las redes PSTN/PLMN de la CNT EP (3G y HSPA+). El BGCF, se interconecta al MGCF a través de SIP. El MGCF, opera en el plano de control pues permite la conversión de señalización SIP a ISUP/BICC.

Por otro lado, las señales TDM son convertidas en paquetes IP, mediante el uso del elemento de red IM-MGW (UMG8900, permitiendo así la conversión de códec de audio y video. La Figura 4.9 muestra la arquitectura de interconexión de red entre IMS y las redes PSTN/PLMN (3G y HSPA+).

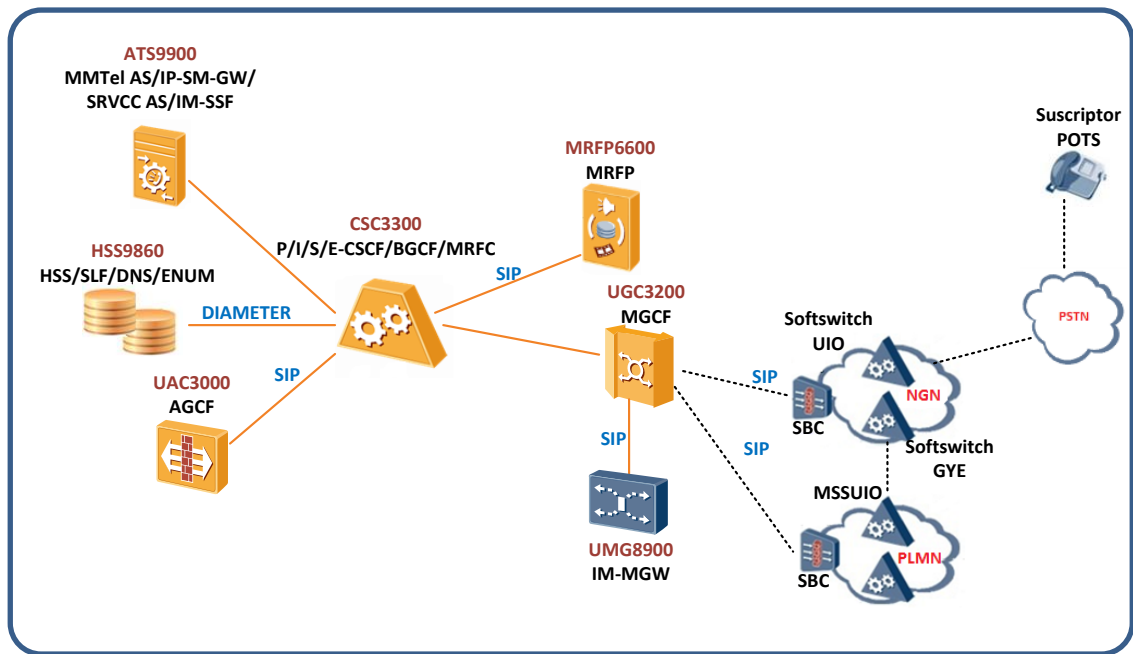


Figura 4.9. Interconexión IMS - PSTN/PLMN. (Huawei Technologies, 2014)

4.3.2. Red LTE/4G.

La interconexión de la red IMS y las demás redes de paquetes, se lo realiza directamente a través de las entidades P-CSCF y I/S-CSCF, embebidas en el CSC3300. De esta manera, el Core IMS podrá interconectarse con la red LTE de la CNT EP, utilizando protocolo SIP. La Figura 4.10 muestra la arquitectura de interconexión de red entre IMS y la red LTE de la CNT EP.

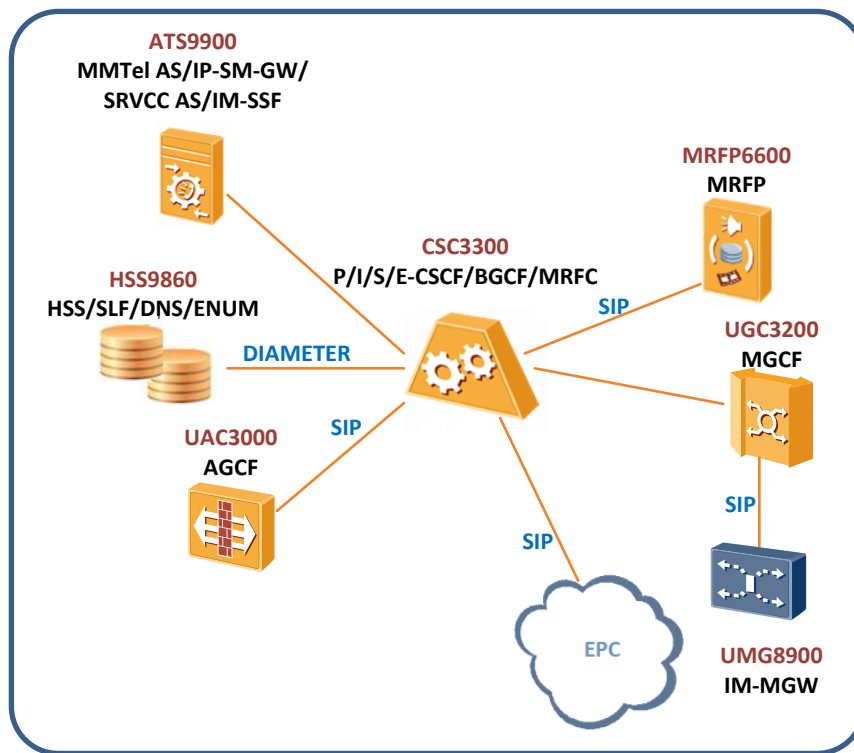


Figura 4.10. Interconexión IMS- EPC. (Huawei Technologies, 2014)

4.3.3. Red MVNO (2G/3G).

El MGCF (UGC3200), permitirá la interconexión entre la red IMS y la red MVNO del acuerdo de roaming con Movistar, esto por medio de protocolo SIP. El MGCF sirve como una puerta a través del cual se enrutan los mensajes de control de señalización de las llamadas de los usuarios. El MGCF permite la conversión de la señalización BICC, ISUP a SIP y viceversa, para el enrutamiento de las sesiones al IMS. La Figura 4.11 muestra la arquitectura de interconexión de red entre IMS y la red MVNO.

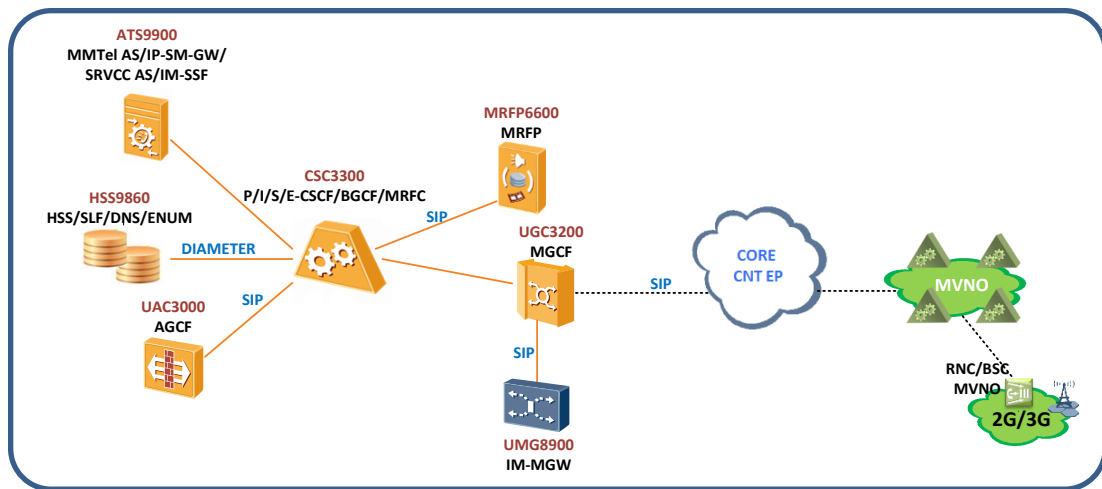


Figura 4.11. Interconexión IMS-MVNO. (Huawei Technologies, 2014)

4.3.4. Red NGN.

Las entidades de red S-CSCF e I-CSCF, permite la interconexión entre IMS y la red NGN. El S-CSCF atiende los requerimientos para el registro de los usuarios y la gestión de las sesiones de IMS. Tanto el S-CSCF como el I-CSCF, se interconectarán a los softswitch de la red NGN. La Figura 4.12 muestra la arquitectura de interconexión de red entre IMS y la red NGN de la CNT EP.

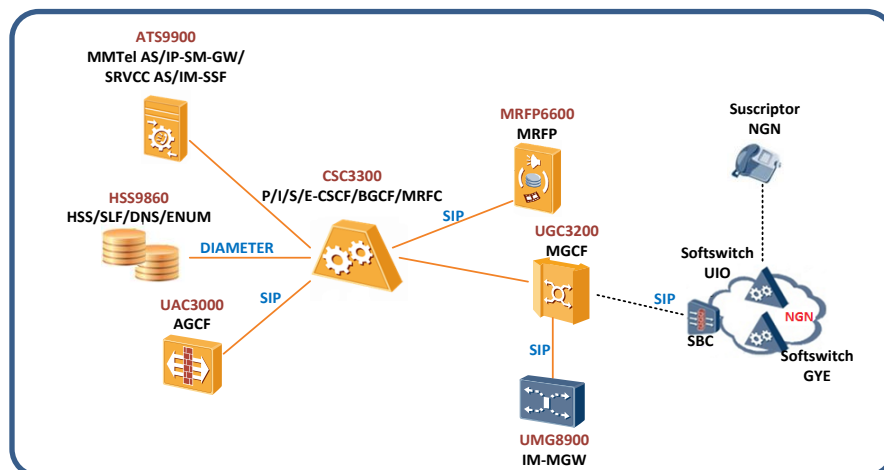


Figura 4.12. Interconexión IMS-NGN. Elaborado por Autor.

4.3.5. Red de banda ancha.

La red IMS permite la interconexión con redes de banda ancha, para ofrecer servicios VoBB (Voice over Broadband) a través de diferentes tipos de accesos: xDSL (digital subscriber line), FTTx (Fiber to the x), Wi-Fi, WiMAX, 3G y LTE. La Figura 4.13 muestra la arquitectura de interconexión de red entre IMS con redes de banda ancha.

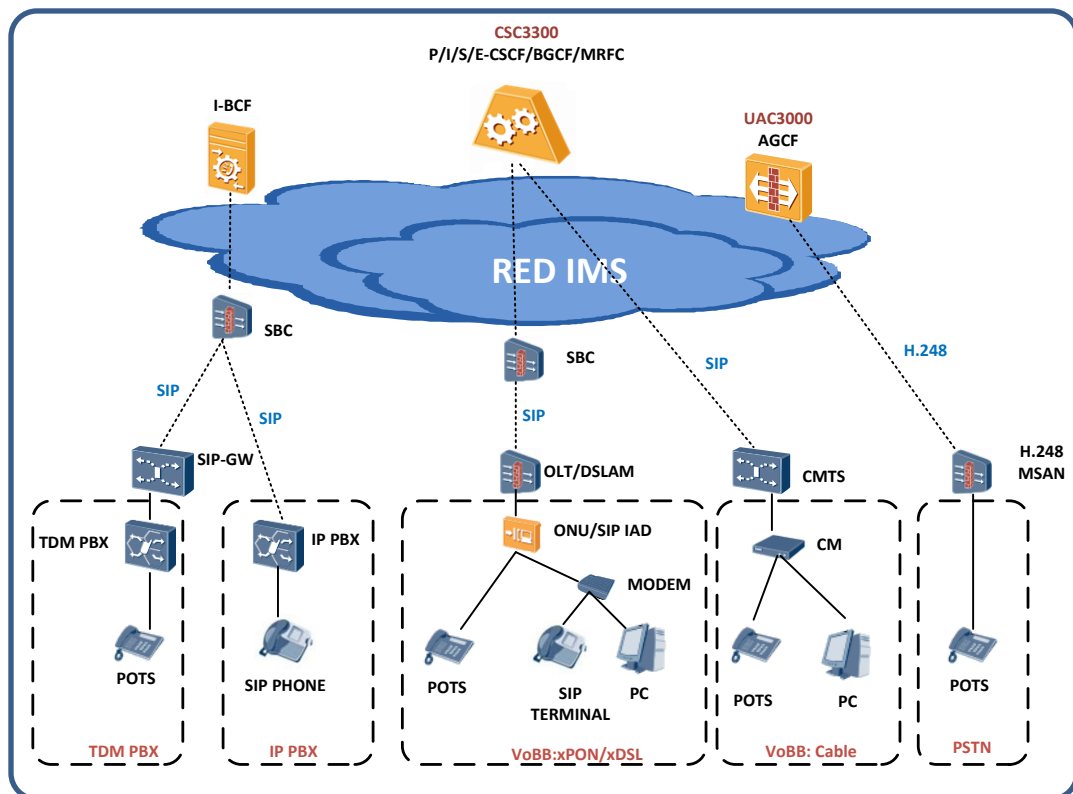


Figura 4.13. Interconexión IMS-VoBB. (Huawei Technologies, 2014)

4.4. Acceso Convergente para suscriptores

Los suscriptores IMS, pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Usuarios VoBB: entre los cuales están los clientes de Softphone, terminales o dispositivos SIP y suscriptores con PBX, mismos que utilizan el protocolo SIP para establecimiento de sesión.
- Usuarios convencionales fijos: en esta categoría están los usuarios POTS conectados a través de MSAN, mismos que utilizan el protocolo H.248 para el establecimiento de la conexión.

Adicionalmente a los mencionados, pueden existir otro tipos de acceso, tales como: xPON (x passive optical network), xDSL, Cable coaxial y WiMAX, los cuales en su mayoría permiten establecer sesiones SIP.

4.4.1. Interfaces de acceso red IMS.

La Figura 4.14, muestra las interfaces lógicas de acceso al Core IMS. La arquitectura incluye entidades para el análisis de fallas en la conexión IP (registro o sesión), propias de la tecnología Huawei, tales como: SPDF, A-RACF, CLF, PDF y NACF.

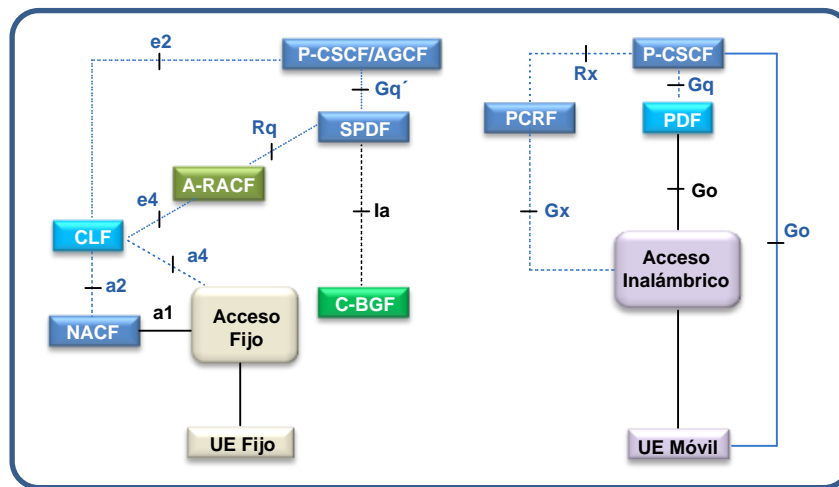


Figura 4.14. Interfaces de acceso al IMS. (Camarillo, 2006) (Magedanz, 2006) (Multiservice Forum, 2011)

En la Tabla 4.4, se describen los interfaces y protocolos utilizados para el acceso IMS:

| Interface | Ubicación | Funcionalidad | Protocolo |
|---------------------------|-----------------|---|--------------------|
| Gm | UE IMS - P-CSCF | Usada para el registro y control de las sesiones de los abonados IMS. Soporta IPv4 e IPv6. | SIP |
| Go | PDF - GGSN | Localizada entre el PDF (Policy Decision Function) y la GGSN. El PDF, a través de la interfaz Go, envía las políticas de QoS al nodo convergente que las ejecuta en la red IP de acceso. Soporta IPv4. | COPS ⁴³ |
| Gq | P-CSCF - PDF | La interfaz Gq, es utilizada por el P-CSCF para notificar al PDF sobre la información de la sesión y portadora (bearer) existente. El PDF usa esta información para ejecutar políticas basadas en servicios (SBLP - Service based local policy), interconectar con PDFs de otras redes y garantizar QoS a las terminales conectados. Soporta IPv4 e IPV6. | Diameter |
| Gx | PCRF - PCEF | La interfaz Gx, es utilizada por el PCRF para instruir al PCEF (Policy and Charging Enforcement Function) sobre las políticas de facturación configuradas. Soporta IPv4 e IPV6. | Diameter |
| Rx | PCRF - AF | Localizada entre el PCRF y el AF (Application Function). La interfaz Rx permite el intercambio de información de la sesión en la capa de aplicación. La información es requerida cuando el PCRF determina las políticas y las funciones de control de cobro. Soporta IPv4 e IPv6. | Diameter |
| Ia | SPDF - C-BGF | Localizada entre el SPDF (Service Policy Decision Function) y el C-BGF (Core Border Gateway Function). La interfaz Ia, es utilizada por el SPDF para enviar las políticas de QoS al C-BGF y su posterior ejecución. | H.248 |
| Gq' | P-CSCF - SPDF | Localizada entre el P-CSCF y el SPDF. Proporciona iguales funcionalidades que la interfaz Gq. Soporta IPv4 e IPv6. | Diameter |
| Rq | SPDF - A-RACF | La interfaz Rq, permite la interacción de las entidades SPDF y la A-RACF (Access-Resource and Admission Control Function) para el control de los recursos de QoS en las redes de acceso. Soporta IPv4. | Diameter |
| Continua Siguiente Pagina | | | |

⁴³ COPS: Common Open Policy Service; protocolo de señalización que especifica un modelo cliente/servidor simple para el apoyo a la política de control sobre la calidad de servicio (QoS).

| | | | |
|----|----------------------------|--|----------|
| a1 | NACF - Red de acceso | Localizada entre el NACF (Network Access Configuration Function) y las redes de acceso. A través de la interfaz a1, la red de acceso obtiene la dirección IP del terminal móvil. Soporta IPv4. | DHCP |
| a2 | NACF - CLF | La interfaz de a2, es utilizada por el NACF para indicar al CLF (Connectivity Session Location and Repository Function), la relación entre la dirección IP y la identidad del usuario. Soporta IPv4. | Diameter |
| a4 | Red de acceso - CLF | La interfaz de a4, permite a la red de acceso, enviar al CLF, la información del perfil del usuario. Soporta IPv4. | Diameter |
| e2 | P-CSCF - CLF | La interfaz e2, le permite al P-CSCF obtener la información de localización instantánea de los usuarios conectados. Soporta IPv4. | Diameter |
| e4 | A-RACF - CLF | La interfaz e4, permite a la entidad A-RACF obtener información de la configuración de usuario. Soporta IPv4. | Diameter |

Tabla 4.4. Detalle interfaces de acceso al IMS. (Huawei Technologies, 2014)

4.5. Seguridades en redes móviles

Las redes de telefonía móvil, son muy vulnerables debido a su naturaleza inalámbrica, por lo cual, es importante implementar sistemas de seguridad que permitan resguardar íntegramente la información transmitida.

Una de las áreas de seguridad, definidas por la 3GPP para las tecnologías móviles, está relacionada con el “Access Security”, es decir, con la seguridad de la comunicaciones establecida entre el Core de la red (2G/3G/LTE o IMS) y el usuario final. La normativa de acceso seguro, está relacionada directamente con la tarjeta inteligente que se inserta en el terminal móvil, misma que contiene información sobre la identificación del usuario; con la cual el usuario se registra en la red. En la segunda generación de redes móviles (GSM/GPRS/EDGE), la tarjeta inteligente, era conocida como SIM Card; posteriormente y debido a la evolución hacia la tercera generación

móvil, las tecnologías UMTS/HSPA+ e incluso LTE (3.9 G), trajeron consigo la tarjeta inteligente denominada USIM. En la actualidad, las redes de cuarta generación, han impulsado el desarrollo de tarjetas físicas que operen tanto con redes LTE, así como con redes predecesoras, incorporando en una sola tarjeta y a través de módulos lógicos, las funcionalidades de las tarjetas SIM y USIM, estas tarjetas son las denominadas UICC (Universal Integrated Circuit Card). Las tarjetas UICC, están constituidas por los módulos lógicos SIM, para la seguridad en redes 2G; USIM, para la seguridad en redes 3G/4G, y finalmente de un módulo ISIM (Módulo de Identidad de Servicios Multimedia IP), para afrontar los retos de la seguridad en redes IMS. La Figura 4.15, muestra los módulos lógicos que conforman la UICC.

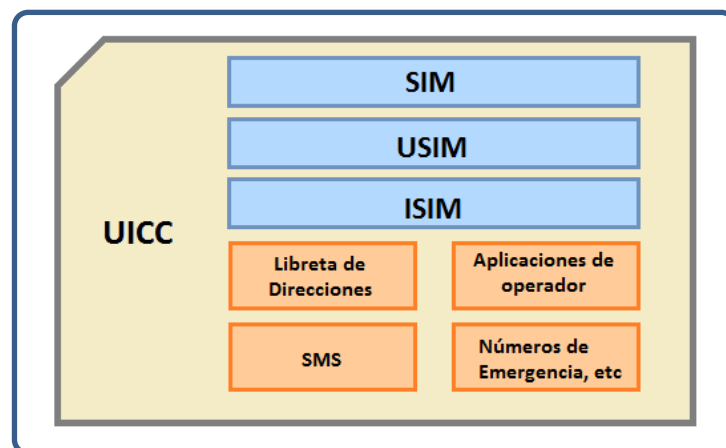


Figura 4.15. Módulos lógicos UICC. Elaborado por Autor.

4.5.1. Seguridades redes 2G

En el caso de las redes GSM, la SIM card permite la autenticación del usuario en la red, para el acceso a los servicios contratados. La SIM card cuenta con la información necesaria para identificar de una forma única al usuario dentro de la red, esto mediante

un identificador de suscriptor móvil internacional (IMSI-Identidad de Abonado Móvil Internacional⁴⁴). Adicionalmente, la SIM card, contiene el Ki del usuario, que es un número clave de 128 bits, que le permite autenticar al IMSI en la red del operador. El Ki, es una clave aleatoria de autenticación, que se almacena dentro de una base de datos conectada al HLR. El conjunto de IMSI con el Ki, se constituyen en las credenciales que identifican al suscriptor.

Durante el proceso de encendido del terminal móvil (Power ON), la tarjeta inteligente (SIM), transmite la información del IMSI a la BSS más cercana, quien a su vez envía esta información al HLR de la red. En este punto, interviene el AuC, generando las variables aleatorias: Kc (clave temporal cifrada), RAND (Número aleatorio de 128 bits) y SRES (Respuesta Firmada de 32 bits); para validar el Ki almacenado en el terminal de usuario y en el HLR.

Posteriormente, el AuC envía a la BSS la variable RAND. En base de ello, el terminal móvil procede a calcular el RAND y el SRES concatenada con la variable Kc, mediante los algoritmos A3⁴⁵ (autenticación), A8⁴⁶ (cifrado) y el Ki. Si la variable RAND, que fue enviada por el AuC coincide con el RAND calculado por el terminal móvil, el proceso de autenticación se habrá completado de forma satisfactoria. Caso contrario, se notifica al terminal que la autenticación ha fallado.

⁴⁴ IMSI: constituido por el MMC (Mobile CountryCode), MNC (Mobile Network Code), MSIN (Mobile Subscriber Identification Number). El NMSI (National Mobile Subscriber Identity) es la unión del MNC y MSIN.

⁴⁵ A3: algoritmo de autenticación utilizado en GSM para generar variables SRES a partir de la clave ki.

⁴⁶ A8: Algoritmo de cifrado que procede a mezclar el número RAND con el Ki, para generar la variable Kc, en los sistemas GSM.

El proceso de calcular el RAND, se lo realiza dentro de la tarjeta inteligente (SIM); lo cual permite al sistema una mayor seguridad, puesto que la información confidencial del suscriptor (IMSI y Ki) se mantienen en el terminal móvil durante todo el proceso de autenticación.

Para el caso de redes GPRS y EDGE, las funciones de seguridad, son idéntica a la funcionalidad de seguridad en GSM. La diferencia radica, en que para el caso de GPRS y EDGE, la SGSN es quien ejecuta los procesos de autenticación y cifrado, basándose en los mismos algoritmos y claves aleatorias utilizados en GSM.

4.5.2. Seguridades redes 3G

En la redes de tercera generación, se introduce el concepto de la tarjeta USIM (tarjeta UICC con modulo lógico USIM), diseñada específicamente para UMTS. A pesar de que la tarjeta SIM también puede ser utilizada para tener acceso a las redes 3G; la USIM presenta mayores ventajas, tales como:

- ✓ Llamadas de Vídeo 3G, las cuales no son compatibles con las SIM.
- ✓ Mayor seguridad, puesto que la USIM introduce un nuevo algoritmo para protección de la línea de teléfono. Además, permite encriptar las sesiones de voz y datos, con una mayor cantidad de claves de cifrado.
- ✓ Almacena los contactos de forma segura.
- ✓ Mayor capacidad para el almacenamiento de contactos, puesto que la USIM permite almacenar miles de contacto, mientras que en la SIM, el número de contactos está limitado a 255. Para este caso, cada contacto puede estar acompañado de un correo electrónico y tener más de un número de teléfono.

- ✓ USIM, permite la inserción de un menú de aplicación de proveedor.

UMTS, basa su sistema de seguridad en un mecanismo del tipo desafío-respuesta, denomina AKA (Authentication and Key Agreement). El método AKA, es ejecutado por el VLR/SGSN y conlleva los siguientes pasos:

- ✓ El VLR/SGSN, envía al HLR la solicitud de autenticación.
- ✓ Posteriormente, el HLR procede a calcular los vectores de autenticación (AV1 hasta el AVn) en base a la clave de seguridad privada K del usuario, misma que se encuentra almacenada dentro del HLR/AuC y la USIM del usuario. Estos vectores son enviados al VLR/SGSN quien también los almacena.
- ✓ El VLR/SGSN selecciona uno de los vectores recibidos (AVi) y procede a desafiar a la USIM, enviando dos parámetros del vector: el AUTN (token de autenticación) y el RAND.
- ✓ La USIM, mediante la clave de seguridad privada K y los parámetros RAND y AUTN, procede a calcular el parámetro AUTN que se generó en el AuC. Adicionalmente, genera las claves de confidencialidad (CK) y de integridad (IK), y además el mensaje de respuesta RES.
- ✓ Si el ATUN calculado, es el correcto, la USIM envía el mensaje de respuesta al VLR/SGSN, para confirmar la autenticación.
- ✓ Como el VLR/SGSN conoce el AV, compara la respuesta del usuario RES con la respuesta XRES esperada, que también forma parte del vector de autenticación. Si estas son correctas el usuario queda autenticado en la red.

4.5.3. Seguridades redes 4G

En las redes de cuarta generación (LTE), se utiliza también AKA, como método de autenticación. El mecanismo EPS AKA, asegura que las claves de cifrado e integridad no se han utilizado anteriormente. El método AKA es compatible con sistemas 3G, es decir, es soportado por tarjetas USIM Release 99 (UMTS) y posterior. La Figura 4.16, muestra el mecanismo EPS AKA.

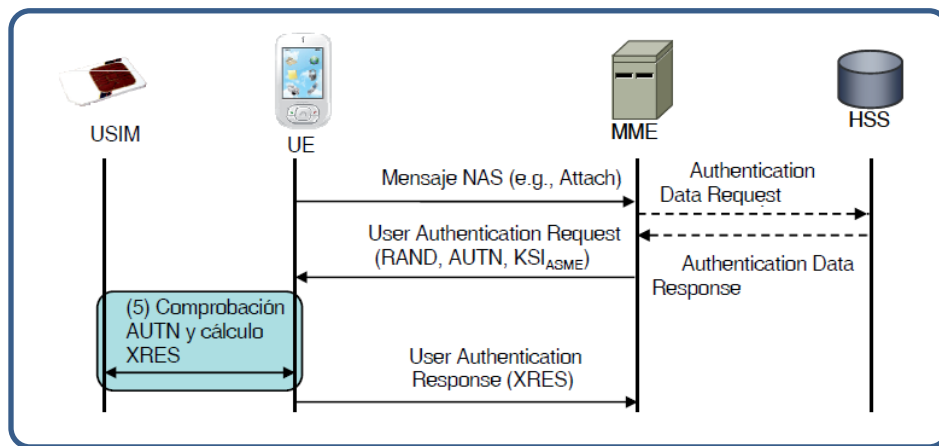


Figura 4.16: Autenticación EPS AKA (Agusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent, O., 2010)

- ✓ AKA, entra en operación luego de que se recibe el primer NAS (Non-Access Stratum)⁴⁷ generado por el terminal de usuario; esto es, durante los procesos de: registro, solicitud de servicios y actualización de la localización del usuario.
- ✓ El NAS es enviado el requerimiento al MME.

⁴⁷ NAS: Información difundida que corresponde información cursada por la red troncal (denominada información del non Access Stratum, NAS); por ejemplo, La transferencia de mensajes SMS a través de la red LTE, se envían encapsulados en mensajes NAS EMM.

- ✓ Si el MME, no cuenta con los AV del usuario, envía la solicitud al HSS, señalando el tipo de tecnología utilizada (UTRAN o E-UTRAN) y el IMSI del usuario. Esto debido a que el HSS tiene diferente AV para cada tecnología.
- ✓ El MME, envía dos de los cuatro parámetros que constituyen el AV; esto son el RAND y el AUTN.
- ✓ La tarjeta USIM comprueba la validez del parámetro AUTN. Si este es válido, la USIM genera la respuesta XRES y las claves de confidencialidad e integridad (CK e IK).
- ✓ El terminal móvil, envía la respuesta XRES generada por la USIM al MME. El MME valida los parámetros recibidos en el XRES, si estos concuerda con lo almacenado, entonces el proceso de autenticación es completado con éxito.

4.5.4. Seguridades IMS

Según el estándar TS33.203 (Access Security for IP-Based Services) definido por 3GPP, IMS utiliza AKA como mecanismo de autenticación. Para este caso, la tarjeta inteligente utilizada es una UICC con modulo lógico ISIM, que garantiza la seguridad del suscriptor y de la red. El ISIM, contiene los parámetros de autenticación e identificación del usuario IMS. El terminal móvil y la entidad P-CSCF negocian el algoritmo de integridad que se utilizará durante la sesión establecida. La Figura 4.17, muestra la arquitectura de seguridad IMS. (Marcano, 2014)

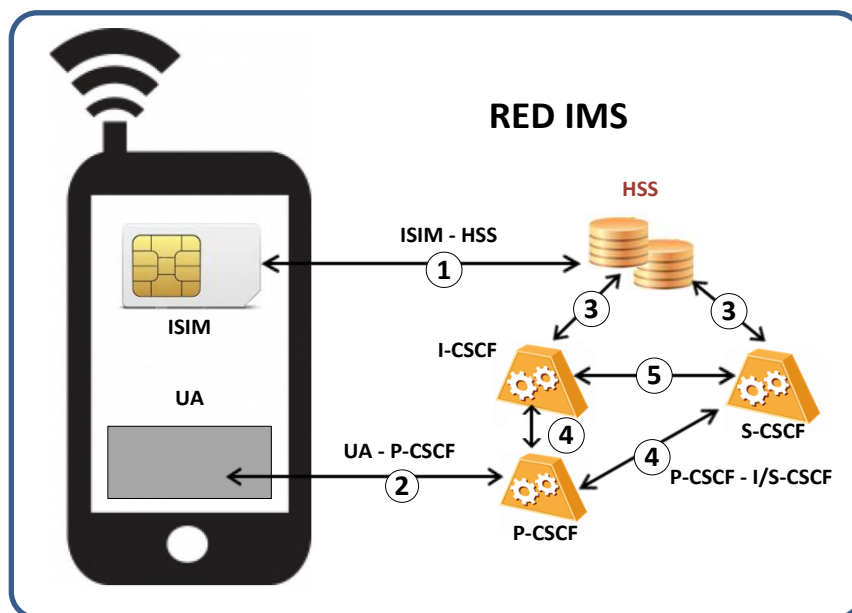


Figura 4.17. Arquitectura seguridad IMS. (Marcano, 2014)

La seguridad IMS demanda lo siguiente:

- 1:** ISIM - HSS: Autenticación mutua. El HSS y el ISIM, almacenan la clave secreta de autenticación así como también el IMPI concatenada a la misma.
- 2:** UA⁴⁸ - P-CSCF: Modo de operación conjunta para garantizar la seguridad de la información transferida entre el terminal y la red.
- 3:** I/S-CSCF - HSS: Modo de operación conjunta para garantizar la seguridad de la información transferida entre el HSS y el I/S-CSCF.
- 4:** P-CSCF - I/S-CSCF: Modo de operación conjunta para garantizar la seguridad de la información transferida únicamente cuando el P-CSCF no sea parte de la red local.

⁴⁸ UA: Agente de usuario; en general, el user-agent incluye información como el nombre de la aplicación (smartphone), la versión de la misma, el sistema operativo que utiliza y el lenguaje

5: I-CSCF - S-CSCF: Modo de operación conjunta para garantizar la seguridad de la información transferida entre nodos SIP de la misma red.

4.6. Redundancia IMS

Para garantizar un funcionamiento seguro y confiable en la red IMS, es necesario que dicha arquitectura cuente con redundancia en equipos claves del Core IMS. La solución de redundancia, garantiza la confiabilidad y estabilidad de la red IMS, mejorando la respuesta frente a desastres naturales o fallas imprevistas de la red. Las arquitecturas redundantes, evitan la interrupción de los sistemas debido ya sea a cortes de energía, falla en el equipo o desastres naturales. En la arquitectura IMS, se pueden utilizar dos modos de redundancia en general:

- **Modo 1+1 (Activo/Standby)**

Cuando el dispositivo activo de la red está disponible, todos los servicios son procesados por él. Si el dispositivo de red principal (activo), deja de estar disponible, el dispositivo de red remoto en redundancia (Standby) toma el servicio inmediatamente. Toda la información relacionada con los estados de las sesiones y estados de registros, es sincronizada entre las unidades activo y standby en tiempo real.

- **Modo de Compartición de Carga**

Todas las unidades de procesamiento de recursos de media (voz) y de señalización del Core IMS, adoptan el mecanismo de compartición de carga N+1. Si una de las unidades falla, la subsiguiente señalización será entregada a las otras unidades de proceso sin degradación del rendimiento.

Para el caso de la arquitectura IMS, es necesario contar con los dos modos de redundancia; estos se aplicaran a los elementos de la red IMS en base a la funcionalidad que ejerzan dentro de ella. La Tabla 4.5, muestra los elementos que interviene dentro de una solución redundante IMS.

| Elemento Redundante | Modo de redundancia | Descripción |
|----------------------------|----------------------------|--|
| CSC3300 (CSCF) | 1+1 Compartición de Carga | El elemento de red, atiende a la mitad de los suscriptores. |
| ATS9900 (AS) | 1+1 Compartición de Carga | El elemento de red, atiende a la mitad de los suscriptores. |
| HSS9860 (IMS-HSS) | 1+1 Activo/Standby | Las funciones de HSS/ENUM/DNS para el Core IMS, operan en activo y Standby. Además proveer la función de HLR para el Core de la red 2G/3G y proveer la función SAE-HSS para el Core EPC. |

Tabla 4.5. Elementos redundantes IMS.

La Figura 4.18, muestra el esquema para la redundancia de los elementos IMS.

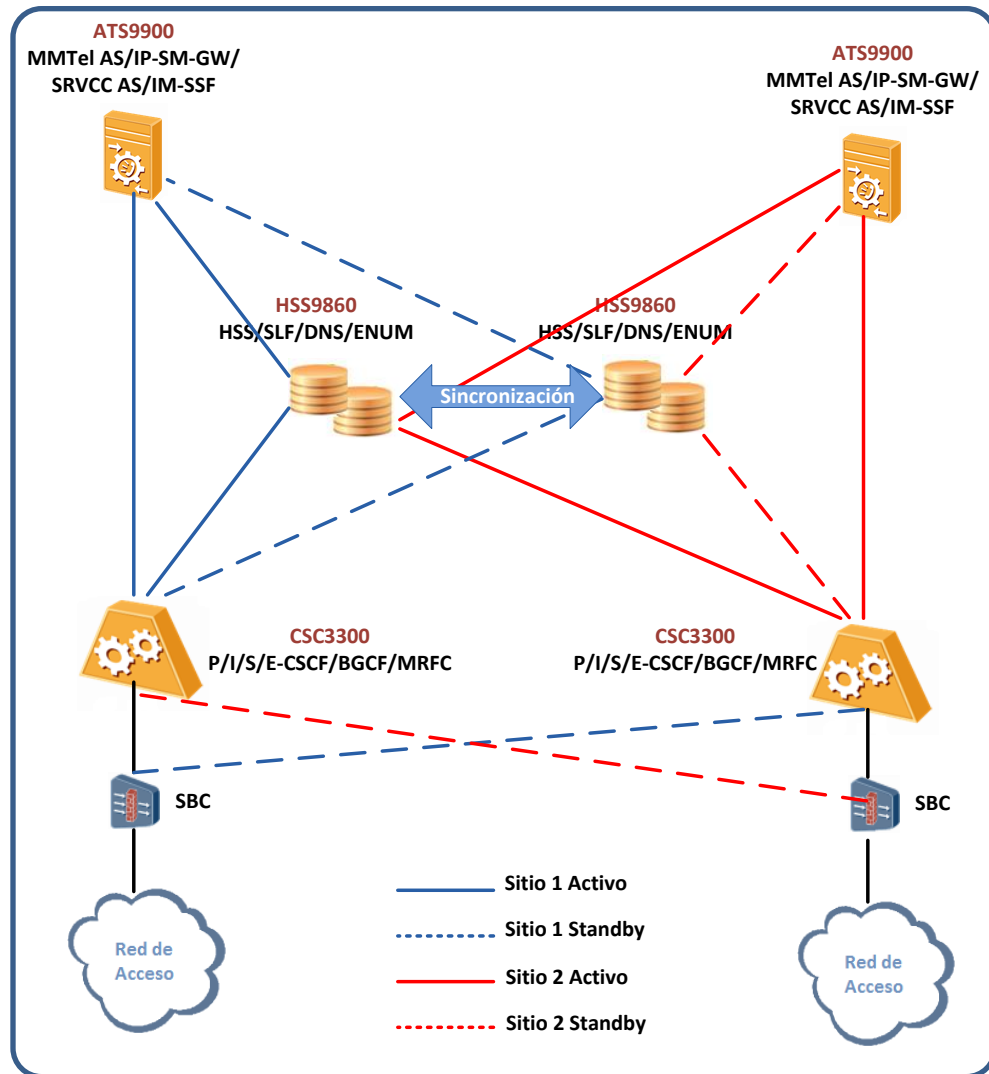


Figura 4.18. Redundancia IMS. Elaborado por Autor.

4.7. Solución VoLTE

La solución IMS, descrita en los numerales anteriores, permitirá a la CNT EP, proporcionar servicios de VoLTE nativo; sin embargo, es necesario añadir ciertas funcionalidades y equipamiento necesario para la implementación de dicho servicio, tales como: SCC-AS (Service Centralization and Continuity Application Server), SingleSDB (Subscriber Database), SRVCC-IWF, ATCF/ATGW, entre otras.

4.7.1. Arquitectura técnica VoLTE.

Para garantizar la calidad del servicio en las llamadas de voz, la alta calidad conjunta de la voz y el video, y el despliegue de servicios de valor agregado; las redes IMS y LTE se implementan en la parte superior del dominio CS, con lo cual procesan los requerimientos de servicios en dicha plataforma. Los suscriptores de las redes LTE, 3G y 2G, podrán acceder a los servicios VoLTE utilizando terminales multi-tecnología, de tal forma que cuando el suscriptor este fuera de la cobertura de LTE, el mismo pueda encaminar sus solicitudes de llamadas a las redes predecesoras. La Figura 4.19, muestra la arquitectura VoLTE. Dicha estructura técnica, se basa en tecnología Huawei; por lo cual, los equipos se identificarán en función de la nomenclatura comercial utilizada por el fabricante. La solución presenta los equipos adicionales al Core IMS, y necesarios para el despliegue de VoLTE; se incluyen también los sistemas de aprovisionamiento de servicio, gestión de red y de facturación.

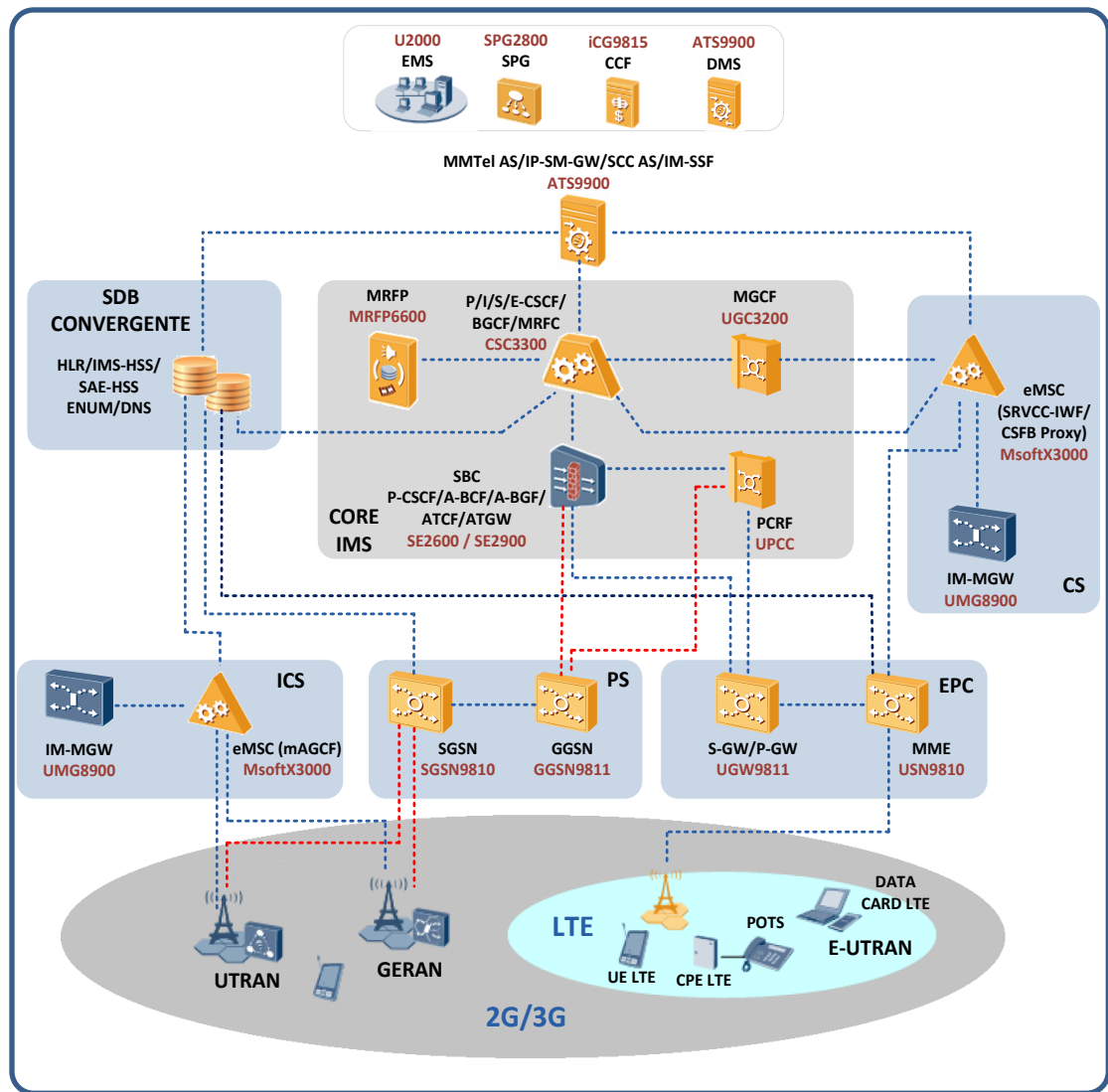


Figura 4.19. Arquitectura VoLTE. Solución Propuesta. (Huawei, Full HD Voice, 2014)

4.7.2. Equipamiento y funcionalidades de la solución VoLTE.

La Tabla 4.6, enlista los elementos que conforman la arquitectura VoLTE; la gran mayoría de ellos forma parte del Core IMS, del Core LTE y del Core CS. Sin embargo, estos requieren un upgrade de software para la habilitación de nuevas funcionalidades que permitan soportar VoLTE.

| Capa | Elemento de Red | Referencia Comercial |
|------------------------------|--|----------------------|
| Capa de Acceso | eMSC (mAGCF) | MSOFTX3000 |
| | SGSN y MME | USN9810 |
| | GGSN, S-GW, y P-GW | UGW9811 |
| | HLR, IMS-HSS, SAE-HSS, ENUM y DNS | HSS9860 |
| | PCRF | UPCC |
| | AP o BSF | UIM |
| | eMSC (SRVCC IWF o CSFB proxy) | MSOFTX3000 |
| Capa Core | MGCF | MSOFTX3000 / UGC3200 |
| | I-CSCF, S-CSCF, BGCF y MRFC | CSC3300 |
| | MRFP | MRP6600 |
| | SBC, P-CSCF, ATCF, ATGW, E-CSCF y EATF | SE2600 / SE2900 |
| | MGW y IM-MGW | UMG8900 |
| Capa de servicio | MMTel AS, SCC AS, IM-SSF, y IP-SM-GW | ATS9900 |
| Capa de soporte de operación | DMS | TMS9950 |
| | SPG y RPG | SPG2800 |
| | CCF | iCG9815 |
| | EMS | U2000 |

Tabla 4.6. Elementos arquitectura VoLTE.

La Tabla 4.7, muestra las funcionalidades adicionales, requeridas por varios equipos del Core IMS para el soporte de VoLTE.

| Elemento de Red | Referencia Comercial | Funcionalidad |
|---|-----------------------------|--|
| A-BCF/A-BGF (Access border control function/Access border gateway function) | SE2900/SE2600 | El A- BCF / A- BGF se despliega entre el Core IMS y la red de acceso conmutación de paquetes (PS). El A- BCF / A- BGF ofrece funcionalidades de proxy SIP, ocultamiento de la topología de red, NAT (Network Address Translation) y seguridad. |
| ATCF/ATGW (Access transfer control function/Access transfer gateway) | SE2900/SE2600 | El ATCF / ATGW se despliega en el borde de la red de IMS. Los ATCF/ATGW trabajan con el SCC AS para proporcionar la función de eSRVCC. |
| E-CSCF (Emergency-call session control function) | SE2900/SE2600 | Basado en información de ubicación de un abonado y el número llamado, el E-CSCF enruta las llamadas de emergencia al centro de emergencias (EC) más cercano. |
| EATF (Emergency access transfer function) | SE2900/SE2600 | El EATF procesa continuamente las llamadas de emergencia, proporcionando las funciones de handovers entre la red LTE a 2G/3G. |
| I-BCF/I-BGF (Interconnection border control function/Interconnection border gateway function) | SE2900/SE2600 | El I-BCF/I-BGF proporciona señalización e interconexión entre el plano de la media (voz) y la red IMS. |

Continúa Siguiente Pagina

| | | |
|---|---|--|
| SCC AS (Service centralization and continuity application server) | ATS9900 | <p>El SCC AS, implementa las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • T-ADS (Terminating access domain selection). Los UE deben seleccionar un dominio de acceso para llamadas de voz (2G/3G/LTE), por lo tanto, el SCC AS realiza la selección del dominio de acceso en el lado de la red. • Interconexión con otros elementos de red que asegure el handover SRVCC y eSRVCC • Proxy para suscriptores ICS (IMS centralizada Servicios). |
| SRVCC IWF (Single radio voice call continuity interworking function) | MSOFTX3000 | <p>El SRVCC IWF provee las funcionalidades de SRVCC para la interconexión con el SCC AS. El MSOFTX3000 requiere Upgrade de software para soporte de funciones VoLTE.</p> |
| PCRF (Policy and charging rules function) | UPCC (Unified Policy and Charging Controller) | <p>El PCRF, provee las políticas de calidad de servicio (QoS) y funciones de control de facturación. El PCRF requiere Upgrade de software para soporte de funciones VoLTE.</p> |

Tabla 4.7. Funcionalidades adicionales para arquitectura VoLTE.

4.7.3. Interfaces VoLTE

Debido a que VoLTE es implementado sobre la arquitectura IMS, todas las interfaces y protocolos utilizados, son los mismo que permite la arquitectura IMS (Tabla 4.2). De todas las interfaces con las que cuenta dicha arquitectura, tres de ellas, son claves para el dimensionamiento del sistema. La Tabla 4.8, muestra las interfaces claves de la arquitectura VoLTE.

| Interface | Ubicación | Funcionalidad | Protocolo |
|-----------|------------|---|-----------|
| Gxc | PCRF-S-GW | Cursa el tráfico entre el Gateway de servicios y el PCRF. Permite el control sobre las funciones de aplicación de la política del S-GW | Diameter |
| Gx | PCRF-P-GW | Cursa el tráfico de otras redes entre el Gateway de la Red de Paquetes de datos y el PCRF. Permite el control sobre las funciones de aplicación de la política del P-GW | Diameter |
| S7 | PCRF - MME | Cursa el tráfico de otras redes entre el Gateway de la Red de Paquetes de datos y el PCRF. Proporciona transferencia de políticas y reglas de cobro de PCRF | Diameter |

Tabla 4.8. Interfaces claves - VoLTE sobre IMS

La Figura 4.20, muestra la forma como estas interfaces se conectan al núcleo IMS.

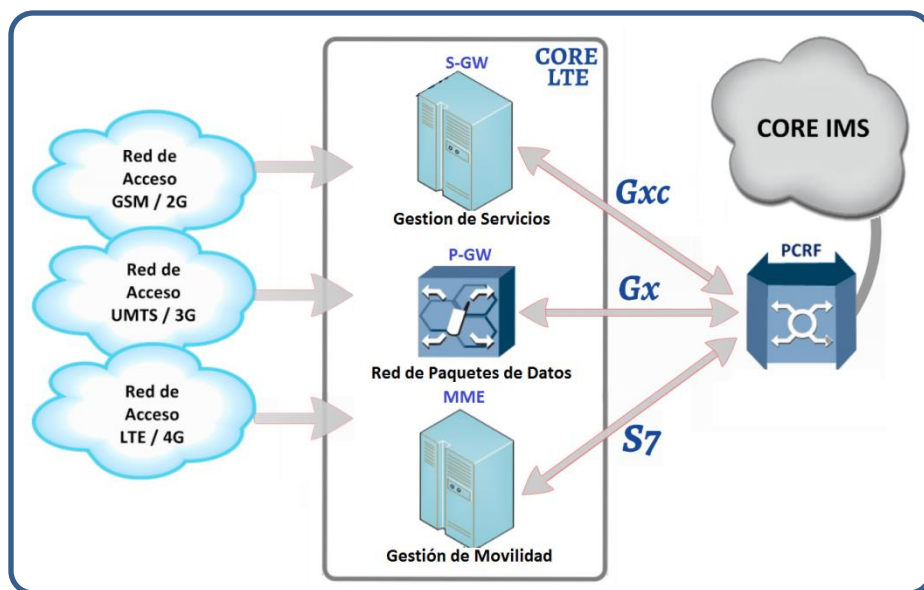


Figura 4.20. Conectividad Interfaces Gxc/Gx/S7. (Duré, 2014)

4.7.4. Servicios y funcionalidades VoLTE.

Entre los principales servicios y funciones que permite la solución VoLTE están:

- **Gateway IP para mensajes cortos (IP-SM-GW)**

La puerta de enlace de mensajes cortos IP-SM-GW permite el servicios de entre/recepción de mensajes cortos entre dominios IMS y CS.

- **SRVCC/eSRVCC**

El SRVCC permite a los suscriptores continuar con una llamada en curso cuando existe handover entre la E-UTRAN a una UTRAN o GERAN. El SRVCC propuesto por el 3GPP, resuelve el problema en la continuidad de las llamadas de voz en etapas iniciales de la implementación LTE. El eSRVCC se introduce para reducir el tiempo utilizado en el handover de llamadas, tiempo que generalmente es de 300ms. La reducción de este tiempo hace que este tipo de handover difícilmente sea percibido por el suscriptor.

- **Anclaje AS**

El anclaje AS, es un proceso en el que las llamadas van de la red CS a la red IMS para el procesamiento de servicio. En la red de IMS, el servidor de aplicaciones (AS) realiza el anclaje.

- **IM-SSF**

El IM-SSF (IP Multimedia Service Switching Function) es una entidad lógica en la red IMS, compatible con las interfaces de la red inteligente. Realiza la conversión entre señalización CAP (Camel Application Part) y el protocolo SIP. Cumple las funciones de un servidor de aplicaciones para inicializar los servicios de la red inteligente; así

también, permite que los suscriptores de la red LTE puedan hacer uso de dichos servicios, tales como el Servicio de Prepago (PPS) y de Portabilidad Numérica (NP), mediante el SCP.

- **Servicio de prioridad multimedia (Multimedia Priority Service)**

En VoLTE, la red LTE se utiliza como red de acceso, misma que puede congestionarse. Debido a ello, el MPS (Multimedia Priority Service), permite priorizar a los suscriptores que demandan recursos de la red.

El MPS opera en base a dos modos:

- ✓ El modo basado en suscripción: requiere que el abonado cuente con el servicio de suscripción MPS. Cuando los suscriptores de MPS inician llamadas, sus llamadas se procesan con preferencia.
- ✓ Modo basado en código de servicio: algunas direcciones y números de suscriptor, se configuran con códigos de servicio MPS. Cuando los suscriptores realizan llamadas a estos números o direcciones, la red los identifica como de alta prioridad y les da un procesamiento preferencial.

4.7.4.1. Llamadas Básicas VoLTE.

Durante la realización de una llamada VoLTE, la sesión establecida es enrutada a través de la de la red LTE, en donde se le asignan dos portadoras: la primera relacionada con la señalización SIP y que marca a la información con un QCI de 5 (Identificador de clase de QoS), y la segunda relacionada con la red LTE como tal; que da a la información un QCI de 5 a 9 (Anexo 2 – Identificadores QoS). El uso de

doble portadora, hace que los Smartphone puedan comunicarse tanto con la red LTE como con IMS. La figura 4.21, muestra el flujo de llamada VoLTE:

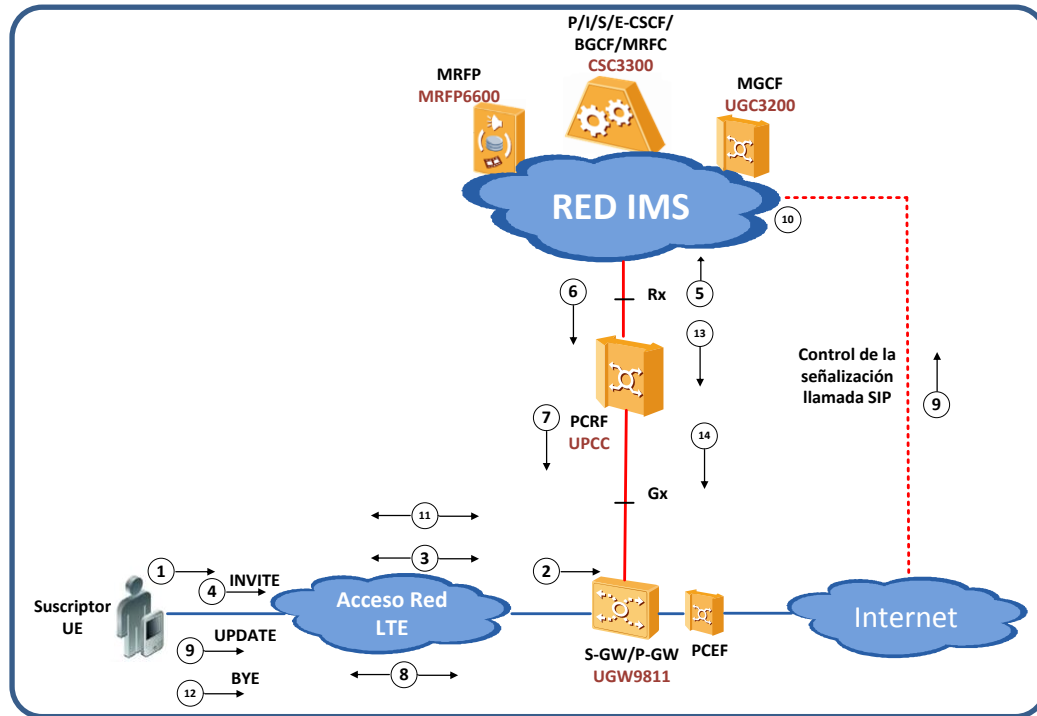


Figura 4.21. Flujo de llamada VoLTE. (Sandvine, 2015)

- 1:** El suscriptor móvil inicia la llamada VoIP.
- 2:** La red LTE identifica el P-GW, que permite la conexión con IMS.
- 3:** La red LTE levanta una portadora SIP entre el suscriptor y el P-GW seleccionado. El portador LTE se establece con un valor de QCI de 5 (valor de QCI en señalización SIP).
- 4:** El UE del suscriptor, envía el mensaje SIP "INVITE" hacia la red IMS, dentro del cual se encuentra contenido el valor del QoS. LTE desconoce el contenido del paquete SIP.
- 5:** La red IMS, toma el mensaje SIP y la red LTE y analiza el QoS requerido.

- 6:** El QoS requerido, es enviado al PCRF por la interfaz RX y mediante el uso del protocolo Diameter⁴⁹.
- 7:** La PCRF, crea las reglas de QoS y tarificación que se aplicarán a la sesión establecida, envía estas reglas al PCEF por medio de la interfaz Gx para su posterior ejecución.
- 8:** Posteriormente, la entidad P-GW, solicita al terminal de usuario el establecimiento de una portadora con QCI de 1.
- 9:** EL terminal de usuario confirma que la red LTE tiene la capacidad para atender al nuevo portador dedicado, tras lo cual genera el mensaje SIP "UPDATE" a la red IMS.
- 10.** Finalmente, la red IMS completa con éxito el establecimiento de la sesión de voz.
- 11:** Los paquetes VoIP, fluyen dentro de la infraestructura LTE, entre el P-GW y el terminal de usuario.
- 12:** Al finalizar la llamada de voz, el terminal de usuario, envía un mensaje SIP "BYE" a la red IMS.
- 13:** IMS, genera el mensaje de finalización de la llamada hacia el PCRF.
- 14:** A su vez, el PCRF solicita al PCEF, el cierre de la facturación LTE y al mismo tiempo solicita al P-GW, liberar los recursos previamente establecidos para la ejecución de la llamada VoIP.

⁴⁹ Diameter: El protocolo Diameter proporciona los servicios de autenticación, autorización y contabilidad. Es aplicable sobre TCP/IP. Más adelante veremos los mensajes que se intercambian nodos de la red IMS con el HSS basándose en este protocolo.

4.7.4.2. Escenarios de Llamadas Básicas VoLTE.

Debido a la convergencia de redes de acceso que permite la red VoLTE, en la misma se pueden tener varios escenarios de flujos de llamadas, ya sea entre suscriptores LTE o abonados LTE y abonados de redes predecesoras. A continuación se describe el flujo de señalización de llamadas para dos escenarios VoLTE.

4.7.4.2.1. Llamada Básica entre suscriptores LTE.

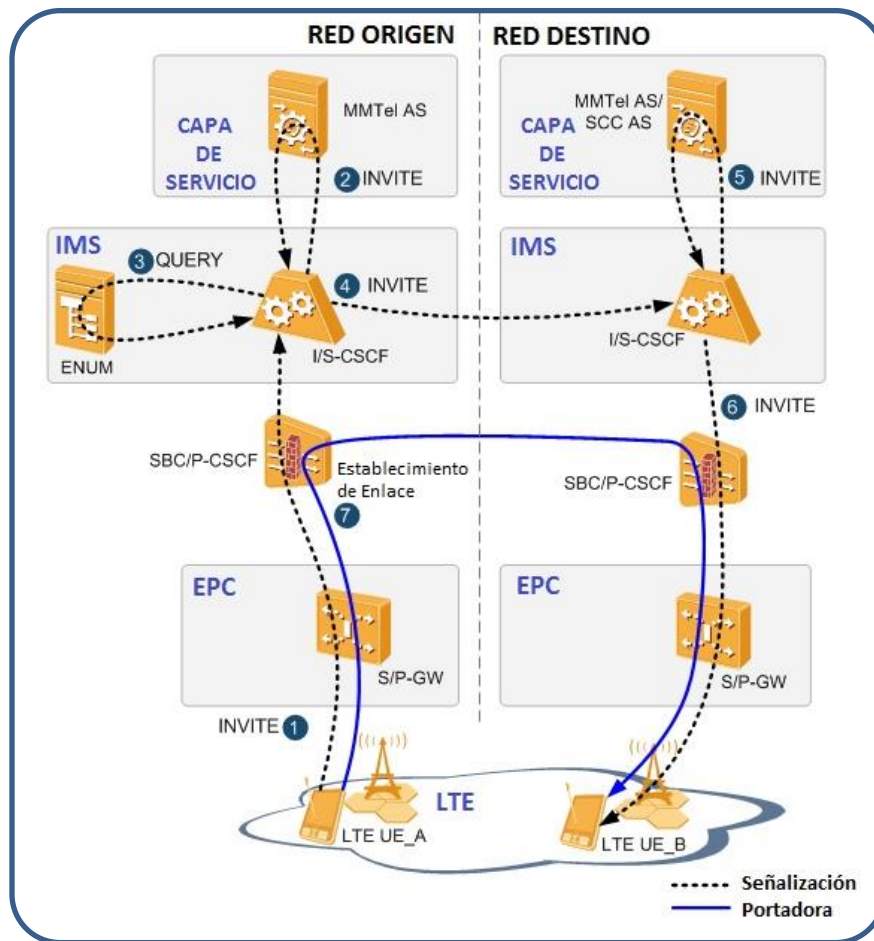


Figura 4.22. Red VoLTE – Llamada entre suscriptores LTE. (Huawei T. , Technical Description Basic Call VoLTE., 2014)

La Figura 4.22, muestra el flujo de mensajes de señalización:

- 1:** Suscriptor LTE-A llama al suscriptor LTE-B.
- 2:** La entidad MMTel AS, procesa el servicio de llamada requerido por el suscriptor LTE-A.
- 3:** Luego de procesada la llamada, el MMTel AS enruta la llamada al S-CSCF. El S-CSCF consulta el número E.164 al ENUM y enruta la llamada al suscriptor LTE-B.
- 4:** La llamada es enrutada al S-CSCF de la red de destino
- 5:** Posteriormente, el MMTel AS destino, procesa el servicios de llamada para el suscriptor LTE-B, este a su vez contacta con el SCC AS para seleccionar el respectivo domino de acceso. El SCC AS selecciona y determina la mejor ruta para alcanzar el suscriptor LTE-B.
- 6:** El S-CSCF, enruta la llamada al suscriptor LTE-B, a través del P-CSCF.
- 7:** Finalmente, la llamada queda establecida entre los suscriptores LTE.

4.7.4.2.2. Llamada Básica entre suscriptores 2G/3G y LTE.

La Figura 4.23, muestra el flujo de mensajes de señalización, para este tipo de llamada:

- 1:** El suscriptor de la red CS (UE-A), realiza una llamada de voz a un suscriptor LTE-B.
- 2:** El VMSC/GMSC, enrutan la llamada al MGCF.
- 3:** El MGCF, basado en la información y configuración del número llamado, enruta la llamada por la red IMS.

- 4:** Posteriormente, el MMTEL AS procesa el servicio hacia el suscriptor LTE-B, este contacta al SCC AS para consultar el respectivo dominio de acceso. El SCC AS selecciona el dominio de acceso y determina la mejor ruta hacia la red LTE.
- 5:** El S-CSCF, enruta la llamada al suscriptor LTE-B, a través del P-CSCF.
- 6:** Finalmente, la llamada queda establecida entre el suscriptor CS y el LTE.

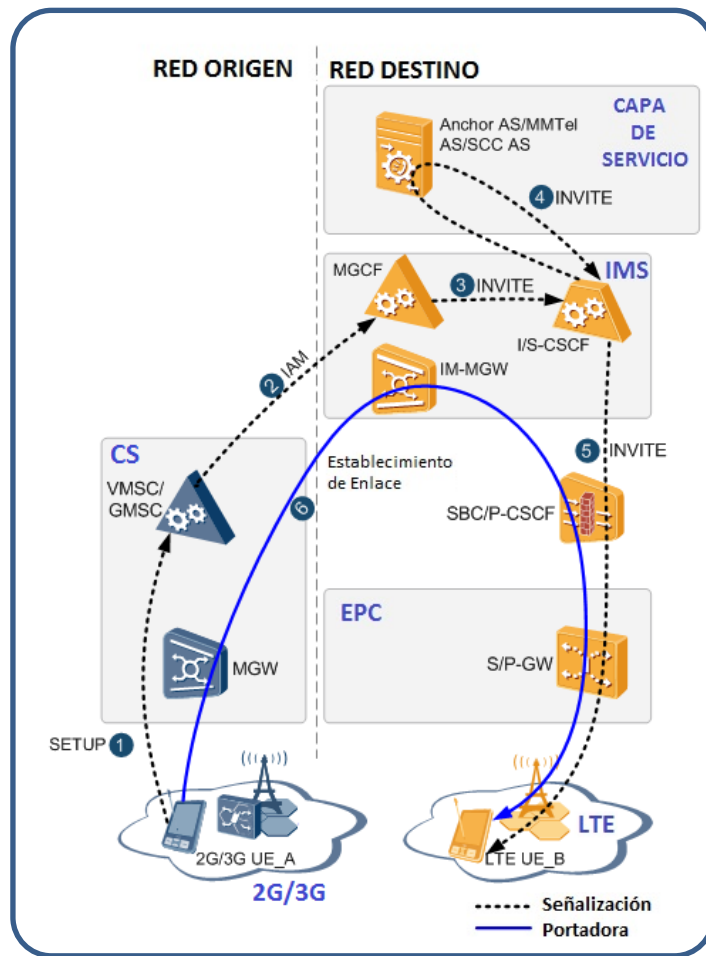


Figura 4.23. Red VoLTE – Llamada entre suscriptores 2G/3G y LTE. (Huawei T. , Technical Description Basic Call VoLTE., 2014)

4.7.5. Solución SRVCC y/o eSRVCC.

SRVCC se definió inicialmente en el Release 8 de la 3GPP (R8) y luego se definió como eSRVCC en el Release 10 de la 3GPP (R10).

Con el objetivo de mantener estable las llamadas de voz entre LTE y el acceso de radio CS, se utiliza el protocolo SRVCC, como un mecanismo de soporte para garantizar la entrega rápida y confiable de las llamadas VoLTE basada en IMS. El uso de SRVCC, permite que las llamadas de voz establecidas sobre la red LTE, mantenga continuidad, esto a pesar de que la cobertura de la red LTE sea limitada, y la llamada tenga que utilizar recursos de redes predecesoras. Cuando el usuario tenga una llamada de voz en curso y salga del área de cobertura de LTE, el SRVCC permite que la llamada sea entregada sin interrupción al dominio de la red 2G/3G, diferencia clave respecto a la técnica CSFB, en la cual si existe interrupción de la comunicación al momento de realizar la conmutación del dominio LTE hacia 2G/3G.

Dentro de la arquitectura de red IMS/LTE/UMTS empleada para SRVCC, se deben destacar las funcionalidades de varias entidades de red empleadas para realizar la transferencia de dominio de acceso SRVCC. La Figura 4.24, muestra de forma general, las entidades empleadas para la ejecución de SRVCC.

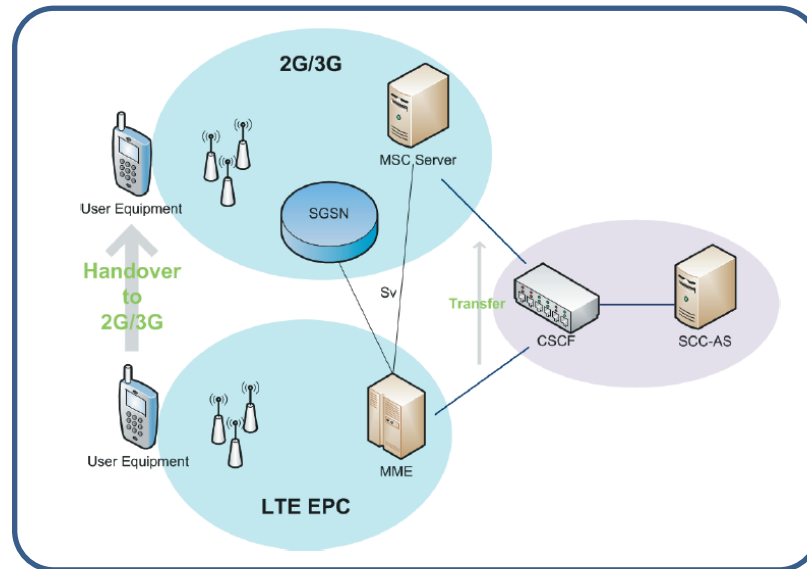


Figura 4.24. Transferencia de dominio SRVCC. (SPIRENT, 2013)

✓ El servidor MSC

- Realiza la tarea de preparar los recursos de acceso de radio para la transferencia de dominio disponible.
- Proporciona la interfaz Sv hacia la red LTE, la cual se utiliza para desencadenar la transferencia de dominio.
- Actúa como anclaje MSC (MSC-A) para el handover hacia el MSC de destino (MSC-B)⁵⁰ cuando se produce el traspaso entre MSCs.
- Actualiza el lado remoto de la sesión después de la transferencia de dominio.

⁵⁰ MSC-A (Mobile Switching Center- User A)/ MSC-B(Mobile Switching Center- User B)

✓ **Servidor SCC AS (Service Centralization and Continuity-AS)**

- Realiza la transferencia de acceso de un dominio a otro.
- Finaliza la selección del dominio de acceso, que es el procedimiento elemental para enrutar las llamadas efectuadas hacia un usuario VoLTE.
- Es capaz de eliminar la media (voz) que no se permite enviar después de la transferencia de dominio.

✓ **MME**

- Indica al eNode-B si es posible hacer SRVCC para la sesión establecida.
- Gestiona los recursos de radio EPS, para la correcta transferencia de dominio.
- Se comunica con el servidor MSC y proporciona información suficiente para completar el procedimiento de transferencia de dominio.
- Activa y libera la portadora EPS cuando sea necesario.

✓ **E-UTRAN eNodeB**

- Puede generar dinámicamente una lista de celdas vecinas específicas para el propósito que se desea alcanzar en SRVCC.
- Es responsable de determinar si la transferencia de dominio es necesaria, esto en base a los niveles de cobertura de las distintas tecnologías.
- Se comunica con el MME para empezar el procedimiento de transferencia de dominio.

4.7.5.1. *Proceso de llamada con SRVCC.*

Para facilitar la transferencia de sesión y continuidad de la llamada, el MSC de 2G/3G debe ser actualizado para soportar SRVCC y la comunicación con la interfaz Sv (interfaz de comunicación entre el MSC y el MME).

Cuando un terminal móvil (UE) se mueve fuera de la cobertura LTE, la potencia de la señal radiada comienza a disminuir, es allí donde la red LTE determina que la llamada de voz activa necesita ser movido del dominio LTE basado en el IMS al dominio 2G/3G basado en conmutación de circuitos. El UE notifica al eNode-B sobre el cambio en la intensidad de la señal, a su vez el MME recibe la petición de traspaso de E-UTRAN con la indicación de que es para un manejo SRVCC, luego de lo cual se dispara el procedimiento para SRVCC. La interfaz Sv, es utilizada para informar al MSC que debe iniciarse la transferencia SRVCC. El Servidor MSC, inicia el procedimiento de transferencia de sesión al IMS en coordinación con el procedimiento de handover para la entrega al CS.

En la solución SRVCC, la duración de handover a menudo supera los 300 ms debido los nuevos recursos de radio que deben establecer en la red IMS. Esto se experimenta como un retraso o latencia en la llamada de voz, lo que afecta la perspectiva del usuario final. Para superar este retardo, se introduce eSRVCC para acortar la duración del handover a menos de 300 ms, con lo cual, los suscriptores no pueden percibir dicho cambio. La solución VoLTE presentada, permite entre sus funcionalidades, realizar tanto SRVCC como eSRVCC. La Figura 4.25 muestra cómo se implementa las funcionalidades de SRVCC/eSRVCC en una red VoLTE.

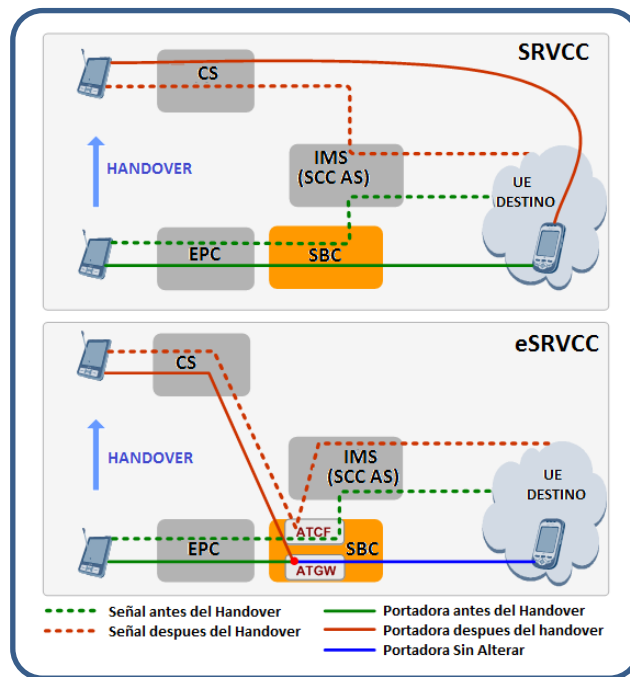


Figura 4.25. Red VoLTE – Funcionalidades SRVCC/eSRVCC. (Huawei T. , Propuesta Técnica, Huawei IMS, 2014)

SRVCC: El mecanismo SRVCC, establece un túnel de comunicación entre los terminales móviles involucrados en la llamada de voz. Al realizar el proceso de handover, se debe establecer un nuevo portador (bearer) en la red IMS, lo que prolonga la duración del handover.

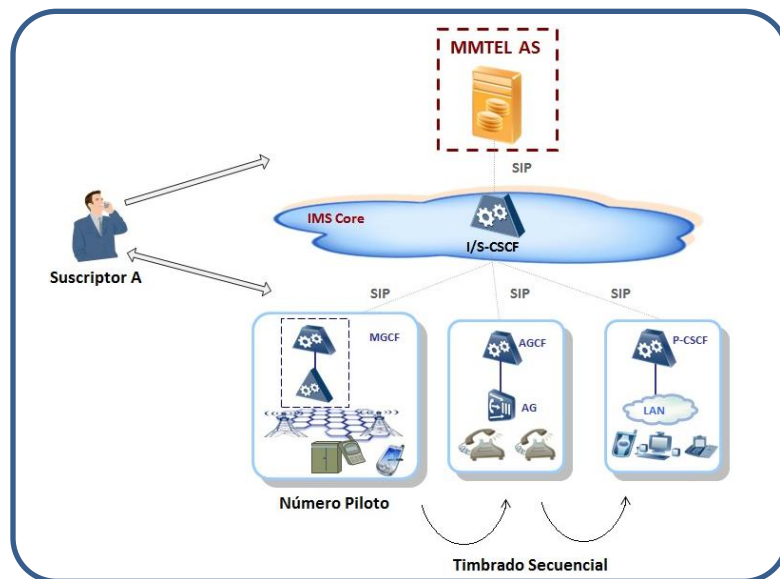
eSRVCC: El mecanismo eSRVCC, añade las funciones de ATCF/ATGW. Si se requiere un eSRVCC handover, sólo se establece un nuevo portador (bearer) entre el terminal de usuario local y el ATGW. El recurso de radio entre el terminal local y el ATGW, sigue siendo el mismo que el portador antes del handover. Por lo tanto, la trayectoria de intercambio de mensajes para el establecimiento de un nuevo portador es más corto que en la arquitectura SRVCC, reduciendo la duración de handover.

4.8. Productos IMS

A través de la red IMS, la CNT EP podrá brindar servicios convergentes de redes móviles y fijas a sus abonados, tales como: Numero Único, Centrex Convergentes y Troncales IMS. Adicionalmente podrá desplegar a futuro los servicios de VoLTE, esto de una manera rápida y eficaz, utilizando plataformas y servicios de cualquier proveedor y fabricante.

4.8.1. Numero Único.

El servicio de Número Único permite a los suscriptores formar un grupo en el que a un abonado se le asigna el número principal y a los otros suscriptores se les asignan números de asociación. Si el usuario se encuentra suscrito al servicio de Número Único, este podrá ser localizado por el mismo número de teléfono independientemente de la terminal que esté utilizando. Cuando un suscriptor, llama al piloto del servicio Número Único, el MMTel (ATS9900) alerta de manera simultánea o secuencialmente a todos los terminales que forman parte del “Grupo de Número Único”, de tal forma que el receptor, puede contestar la llamada en cualquiera de sus terminales, sean estos fijos o móviles, reduciendo de esta manera las llamadas perdidas e incrementando el tráfico hacia el operador IMS. En este caso, el MMTel (ATS9900) implementa el timbrado secuencial, timbrado simultáneo y la función de visualización del número primario para el abonado fuera del grupo. Básicamente, el servicio de Número Único, permite majear todas las comunicaciones fijas y móviles a través de un solo número. La Figura 4.26 muestra la funcionalidad del Número Único.



*Figura 4.26. Número Único. (Huawei T. , Propuesta Técnica, Huawei IMS, 2014)
(Cevallos, 2013)*

4.8.2. Centrex Convergente.

La solución de Centrex Convergente, es una solución global para las redes empresariales y residenciales. La idea principal es superponer la PSTN o PLMN existente con una red IMS y con ello, proporcionar servicios IP Centrex para los abonados en diferentes redes. El servicio de llamadas básica Centrex, permite a la línea fija, móvil y a los suscriptores de IMS, formar grupos y utilizar el servicio de llamadas de voz convencional. En esta solución, el ATS9900 de la red IMS, proporciona los servicios Centrex entre redes, admitiendo el acceso de múltiples terminales. Los suscriptores que forman parte del grupo, pueden llamarse entre sí, marcando números cortos o largos. Este servicio permite a los suscriptores comunicarse de forma práctica y ahorrando costos de comunicación. La Figura 4.27, muestra la red en la que los

suscriptores Centrex pueden llamarse entre sí marcando el número corto del otro abonado.

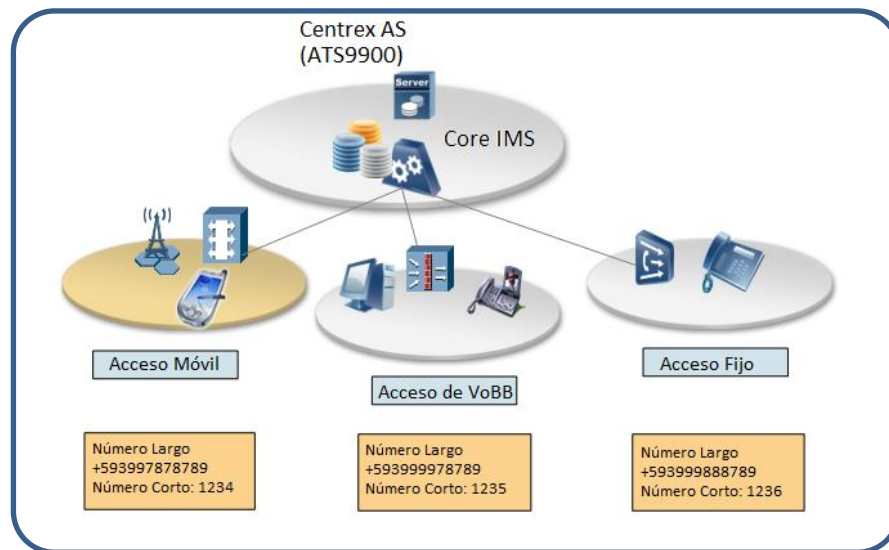


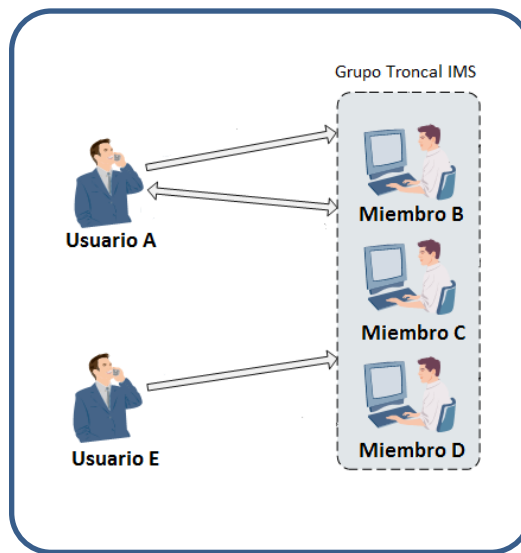
Figura 4.27. Centrex Convergente. (Cevallos, 2013)

4.8.3. Troncal IMS.

El servicio de troncales IMS, un número piloto de acceso empresarial, mediante el cual se podrá integrar un conjunto de dispositivos fijos, móviles y PC de diferentes sucursales.

Cuando un abonado llama al número piloto de la troncal IMS, el MMTel (ATS9900) conecta la llamada a un miembro del grupo disponible. Si todos los operadores están ocupados, el MMTel pone la llamada en una espera (cola) y reproduce un anuncio o música para mantener en la línea al abonado llamante. Una vez que un operador está disponible, la central conecta la llamada al operador. Si hay varias llamadas que se colocan en una cola, el MMTel conecta la primera llamada en la cola para el operador. El MMTel AS (ATS9900) es la principal entidad que implementa el servicio de troncal

IMS y proporciona las funcionalidades de: gestión de llamadas, suscriptores disponibles, mantenimiento del timbrado, gestión de colas y grupos de troncales IMS virtuales. La Figura 4.28, muestra un grupo de troncal IMS.



*Figura 4.28.*Troncal IMS. (Huawei T. , Propuesta Técnica, Huawei IMS, 2014)

4.9. Criterio de Trafico

Según datos proporcionados por la CNT EP, actualmente la cantidad de usuarios Hora-Pico, entre usuarios móviles (3G/LTE) y fijos (NGN), está en aproximadamente 210.000 usuario. En base de este dato y del plan estratégico 2014-2018 de la CNT EP; se prevé que la cantidad de usuarios Hora-Pico, se eleve a 300.000 usuarios para los próximos 5 años.

En base a la cantidad de usuario por Hora-Pico, se puede estimar la tasa de transmisión de datos promedio que generaran los usuarios IMS/VoLTE; previamente es necesario realizar las siguientes consideraciones:

- Se deben considera los servicios que podrán brindar con IMS/VoLTE; servicios tales como: llamadas de alta definición (Llamada HD), servicios de video conferencia por Internet (Skype), llamadas entre terminales fijos y móviles (Skype), envió/recepción de mensajes de texto, envió/recepción de fotos y videos.
- Se debe considera también que para el caso de VoLTE (Llamadas HD), el códec de audio utilizado es el AMR; por lo cual es necesario conocer el ancho que banda que utiliza este tipo de codificación. Para ello, es necesario considerar la estructura del paquete de VoIP. La Figura 4.29, muestra la estructura del paquete VoIP.

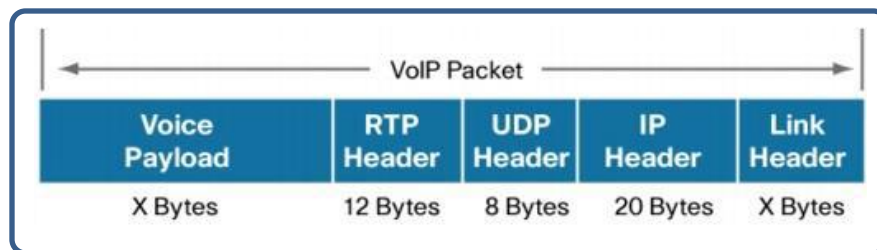


Figura 4.29. Estructura paquete VoIP (Díaz, 2014)

El campo de “Voice Payload”, constituye la carga útil del paquete, es decir la data transmita. El “Link Header”, hace referencia al encabezado añadido en el transporte de la capa LTE durante el proceso de encapsulación del paquete (PDCP/RLC/MAC)⁵¹; este campo es de 12 Bytes. El proceso de transporte del paquete VoIP, también agrega los encabezados RTP, UDP⁵² e IP, que suma 40 bytes. En total, la cabecera del paquete VoIP es de 52 bytes.

⁵¹ PDCP: Packet Data Convergence Protocol. RLC: Radio Link Control. MAC: Medium Access Control

⁵² UDP: User Datagram Protocol.

Conociendo que la carga útil del códec AMR, es de 30.5 bytes, y el intervalo de muestreo que permite este códec es de 20 ms, es posible determinar la tasa de transmisión del mismo a través de la ecuación:

$$tasa\ LTE = \frac{(carga\ util + 52\ bytes\ (cabecera\ IP + LTE)) * 8}{intervalo\ de\ muestreo} \quad (Ecuación\ 4.1)$$

La tabla 4.9, muestra el resumen de las características del códec AMR.

| CÓDEC | CARGA [bytes] | INTERVALO [ms] | TASA [Kbps] | TASA LTE PHY [Kbps] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|
| AMR | 30.5 | 10 | 12.2 | 33 |

Tabla 4.9. Características códec AMR

En base a las consideraciones realizadas, la tabla 4.10 muestra la tasa de transmisión promedio estimada para el consumo de datos de cada usuario IMS/VoLTE, esto en función de los servicios que actualmente se brindan sobre las redes de Internet, equivalentes a los servicios a brindarse sobre la red IMS/VoLTE.

| Tipo de servicios | Consumo en datos (Kbps) |
|--|--------------------------------|
| Whatsapp solo texto | 2.66 |
| Whatsapp texto y foto | 10.66 |
| Whatsapp texto y video | 88 |
| Llamadas entre usuarios de Skype | 400 |
| Llamadas desde Skype a teléfonos móviles o fijos | 133.33 |
| Llamadas HD | 33 |

Tabla 4.10. Tabla consumo servicios equivalentes IMS/VoLTE (Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A., ENTEL)

De la Tabla 4.10, se desprende que la tasa de transmisión promedio para cada abonado IMS/VoLTE, será de aproximadamente 111.27 kbps.

En base a la Tabla 4.8 (Interfaces claves – VoLTE sobre IMS), es posible realizar el dimensionamiento del tráfico VoLTE. Para este caso, el tráfico total es igual a la suma del tráfico parcial de las interfaces GX, GXc y S7. (Duré, 2014)

$$T_t = T(Gx) + T(Gxc) + T(S7) \quad (\text{Ecuación 4.2}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

Dónde:

- ✓ T_t , es el tráfico total;
- ✓ $T(Gx)$, tráfico de la interfaz Gx;
- ✓ $T(Gxc)$, tráfico de la interfaz Gxc; y
- ✓ $T(S7)$, tráfico de la interfaz S7.

4.9.1. Interfaz Gx

El dimensionamiento de tráfico de la interfaz Gx, se lo obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T(Gx) = T_{pu} + T_{pc} \quad (\text{Ecuación 4.3}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

Dónde:

- ✓ T_{pu} , es el tráfico del Plano de Usuario (data); y
- ✓ T_{pc} , es el tráfico del Plano de Control (señalización)

La Figura 4.30, muestra los componentes de tráfico de la interfaces Gx.

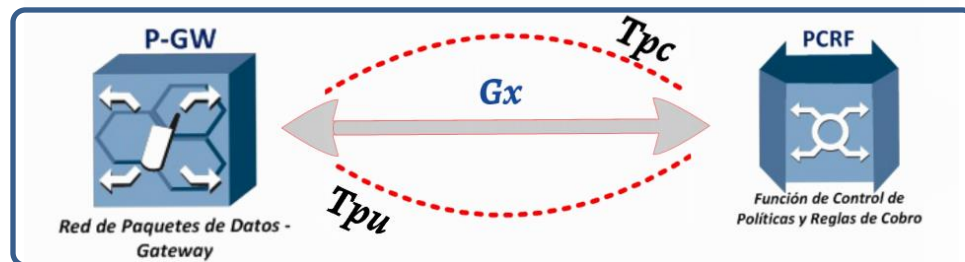


Figura 4.30. Componentes de trafico Interface Gx

El Tpu, a su vez es igual a:

$$Tpu = (cu) \times (Th) \times 3.47 \quad (\text{Ecuación 4.4}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

Dónde:

cu, es la cantidad de usuario para la Hora-Pico,

Th, es el throughput para usuario; y

3.47, es una Constante de Variabilidad del tamaño del paquete.

El Tpc, esta netamente relacionado con el Tpu, a través de la ecuación:

$$Tpc = (Tpu) \times 2\% \quad (\text{Ecuación 4.5}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

4.9.2. Interfaz Gxc

El tráfico de la interfaz Gxc, está relacionado directamente con el tráfico de la interface Gx a través de la ecuación:

$$T(Gxc) = T(Gx) \times 3\% \quad (\text{Ecuación 4.6}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

4.9.3. Interfaz S7

El tráfico de la interfaz S7, está relacionado directamente con el tráfico de la interface Gx a través de la ecuación:

$$T(S7) = T(Gx) \times 4\% \quad (\text{Ecuación 4.7}) \quad (\text{Duré, 2014})$$

4.9.4. Resultados Obtenidos

En base a los datos provisto sobre la cantidad de usuarios por Hora-Pico, la tasa de transmisión promedio de datos para los servicios IMS/VoLTE y a las ecuaciones para el dimensionamiento del tráfico en las interfaces Gx, Gxc y S7; en la Tabla 4.11 se muestran los resultados de tráfico para el año cero y el año 5 del despliegue de IMS/VoLTE.

| Parámetros/Año | Año 0 | Año 5 |
|----------------------------------|------------------|-------------------|
| Cu (Usuarios Hora-Pico) | 210.000 | 300.000 |
| Th (Tasa Promedio datos) (kbps) | 111,27 | 111,27 |
| Constante de Variabilidad | 3,47 | 3,47 |
| Tpu (Mbps) | 81.082,45 | 115.832,07 |
| Tpc (Mbps) | 1.621,65 | 2.316,64 |
| T(Gx) (Mbps) | 82.704,10 | 118.148,71 |
| T(Gxc) (Mbps) | 2.481,12 | 3.544,46 |
| T(S7) (Mbps) | 3.308,16 | 4.725,95 |
| Tt (Tráfico Total) (Mbps) | 88.493,38 | 126.419,12 |

Tabla 4.11. Estimación de trafico IMS/VoLTE

4.10. Costos Referenciales de la Implementación

Para analizar la rentabilidad financiera de las plataformas IMS y VoLTE, se ha tomado como referencia la demanda comercial de productos IMS estimada en la Planificación Estratégica de la CNT EP para los próximos 5 años (2014 -2018). La demanda comercial está dada en base a la proyección del parque de suscriptores por cada producto y de factores de penetración de nuevos servicios. La Tabla 4.12 muestra la proyección de productos IMS y líneas VoLTE para los próximos 5 años.

| Servicio Convergente | | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|----------------------|---------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Troncales IMS | Número Único | 4.096 | 6.628 | 13.071 | 20.547 | 26.600 |
| | Centrex Convergente | 2.280 | 4.689 | 6.524 | 8.483 | 1.1737 |
| | 5 Canales | 34 | 68 | 102 | 137 | 172 |
| | 10 Canales | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 |
| | 20 Canales | 4 | 8 | 12 | 17 | 22 |
| | 30 Canales | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | 100 Canales | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 |
| Líneas VoLTE | | 7.517 | 8.506 | 9.454 | 9.282 | 11.471 |

Tabla 4.12. Proyección de usuarios IMS/VoLTE. (CNT, 2014)

En base a la demanda comercial estimada; en la Tabla 4.13, se presentan los valores referenciales de costo para la implementación de una plataforma IMS y el despliegue de servicios VoLTE, en la red de la CNT EP.

| | | |
|--|-----------|------------------|
| CORE CS | \$ | 1.354.714 |
| SingleSDB – Active (HSS9860) | | |
| SingleSDB – Standby (HSS9860) | | |
| M2000 CN V200R013 Expansion for HSS | | |
| IMS U2000 CN V200R014 | | |
| Expansión MSOFX3000 | | |
| Upgrade MSOFTX3000 | | |
| Expansión HSS | | |
| Expansión UMG8900 | | |
| CORE IMS | \$ | 1.411.141 |
| CSC3300 V1R10 | | |
| MRP6600 V1R5 | | |
| iCG9815 V3R3 | | |
| SPG2800 V1R6 | | |
| SE2900 V3R1 | | |
| IMS AS | \$ | 648.461 |
| ATS9900 V1R6 | | |
| OSG9930 V1R6 | | |
| ACCESO IMS | \$ | 372.711 |
| UGC3200 V2R10 | | |
| IMS UMG8900 HW R9 SW V2R9 | | |
| EXPANSIÓN DE SOFTWARE DE GESTION (M2000) | \$ | 53.452 |
| KITS DE INSTALACIÓN Y RESPUESTOS | \$ | 323.909 |
| TOTAL DE INSTALACIÓN IMS/VoLTE | \$ | 4.164.388 |
| SERVICIOS PROFECIONALES (Implementación, Integración, Capacitación Soporte y Mantenimiento) | \$ | 1.217.493 |
| GRAN TOTAL | \$ | 5.381.881 |

Tabla 4.13. Costo Referencial Plataforma IMS/VoLTE.

Considerando los valores referencial, de la Tabla 4.8 (Productos a comercializar) y de la Tabla 4.9 (Costo de implementación), se calcula la rentabilidad del proyecto a 5 años. Para el caso de VoLTE, se ha estimado que del total de crecimiento de líneas móviles por año, el 5% de líneas contratadas serán LTE. La Tabla 4.14 muestra el cálculo de la rentabilidad del proyecto.

Servicios

| | | | Año | | | | |
|--|----------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Número Único | | 4.096 | 6.628 | 13.071 | 20.547 | 26.600 |
| | Centrex | | 2.280 | 4.689 | 6.524 | 8.483 | 11.737 |
| | Troncales IMS | 5 Canales | 34 | 68 | 102 | 137 | 172 |
| | | 10 Canales | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 |
| | | 20 Canales | 4 | 8 | 12 | 17 | 22 |
| | | 30 Canales | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | | 100 Canales | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 |
| | Nuevas líneas Móviles | | 150.342 | 170.112 | 189.071 | 185.630 | 229.421 |
| | Total de servicios Troncales IMS | | 55 | 110 | 166 | 224 | 283 |
| | Líneas VoLTE | | 7.517 | 8.506 | 9.454 | 9.282 | 11.471 |

Ingresos

| | | | | Año | | | | |
|--------------------|---------------|-----------|--|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Instalación | | | | \$ 31.378,47 | \$ 36.642,40 | \$ 41.844,20 | \$ 42.621,00 | \$ 52.944,20 |
| | Número Único | \$ - | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| | Centrex | \$ - | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| | Troncales IMS | | | | | | | |
| | 5 Canales | \$ 15,00 | | \$ 510,00 | \$ 1.020,00 | \$ 1.530,00 | \$ 2.055,00 | \$ 2.580,00 |
| | 10 Canales | \$ 27,50 | | \$ 330,00 | \$ 660,00 | \$ 990,00 | \$ 1.320,00 | \$ 1.650,00 |
| | 20 Canales | \$ 40,00 | | \$ 160,00 | \$ 320,00 | \$ 480,00 | \$ 680,00 | \$ 880,00 |
| | 30 Canales | \$ 52,50 | | \$ 210,00 | \$ 420,00 | \$ 630,00 | \$ 840,00 | \$ 1.050,00 |
| | 100 Canales | \$ 100,00 | | \$ 100,00 | \$ 200,00 | \$ 400,00 | \$ 600,00 | \$ 900,00 |
| | Líneas VoLTE | \$ 4,00 | | \$ 30.068,47 | \$ 34.022,40 | \$ 37.814,20 | \$ 37.126,00 | \$ 45.884,20 |
| Cuota Fija | | | | \$ 247.296,00 | \$ 443.706,00 | \$ 756.804,00 | \$ 1.112.418,00 | \$ 1.471.194,00 |
| | Número Único | \$ 3,00 | | \$ 147.456,00 | \$ 238.608,00 | \$ 470.556,00 | \$ 739.692,00 | \$ 957.600,00 |
| | Centrex | \$ 3,50 | | \$ 95.760,00 | \$ 196.938,00 | \$ 274.008,00 | \$ 356.286,00 | \$ 492.954,00 |
| | Troncales IMS | | | | | | | |
| | 5 Canales | \$ 10,00 | | \$ 4.080,00 | \$ 8.160,00 | \$ 12.240,00 | \$ 16.440,00 | \$ 20.640,00 |
| | 10 Canales | \$ 20,00 | | \$ 2.880,00 | \$ 5.760,00 | \$ 8.640,00 | \$ 11.520,00 | \$ 14.400,00 |
| | 20 Canales | \$ 40,00 | | \$ 1.920,00 | \$ 3.840,00 | \$ 5.760,00 | \$ 8.160,00 | \$ 10.560,00 |
| | 30 Canales | \$ 60,00 | | \$ 2.880,00 | \$ 5.760,00 | \$ 8.640,00 | \$ 11.520,00 | \$ 14.400,00 |
| | Líneas VoLTE | \$ 6,00 | | \$ 541.232,40 | \$ 612.403,20 | \$ 680.655,60 | \$ 668.268,00 | \$ 825.915,60 |

Continúa Siguiente Pagina

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------|----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Ingreso Adicional por tráfico | | | \$ 747.989,60 | \$ 1.116.820,80 | \$ 1.630.586,40 | \$ 2.150.064,00 | \$ 2.808.314,40 |
| | Número Único | \$ 4,00 | \$ 196.608,00 | \$ 318.144,00 | \$ 627.408,00 | \$ 986.256,00 | \$ 1.276.800,00 |
| | Centrex | \$ 6,00 | \$ 164.160,00 | \$ 337.608,00 | \$ 469.728,00 | \$ 610.776,00 | \$ 845.064,00 |
| | Troncales IMS | \$ 40,00 | \$ 26.400,00 | \$ 52.800,00 | \$ 79.680,00 | \$ 107.520,00 | \$ 135.840,00 |
| | Líneas VoLTE | \$ 4,00 | \$ 360.821,60 | \$ 408.268,80 | \$ 453.770,40 | \$ 445.512,00 | \$ 550.610,40 |
| Total Ingresos | | | \$ 1.026.664,07 | \$ 1.597.169,20 | \$ 2.429.234,60 | \$ 3.305.103,00 | \$ 4.332.452,60 |

| | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Egresos | Año | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Gastos Operativos Mantenimiento | \$ - | \$ 99.854,78 | \$ 99.854,78 | \$ 99.854,78 |
| | Gastos de Instalación | \$ 323.909,39 | | | |
| | Gastos Operativos del Servicio | \$ 1.217.492,50 | | | |
| Total Egresos | | \$ 1.541.401,89 | \$ 99.854,78 | \$ 99.854,78 | \$ 99.854,78 |

| | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| EBITDA (Utilidad Operativa) | \$ - 514.737,82 | \$ 1.497.314,43 | \$ 2.329.379,83 | \$ 3.205.248,23 | \$ 4.232.597,83 |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

| | | | | | |
|--------------------|--|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Inversiones | Año | | | | |
| | \$ - | \$ 1,00 | \$ 2,00 | \$ 3,00 | \$ 4,00 |
| | Core IMS/VoLTE | \$ 3.840.478,98 | | | |
| | Total Inversiones por Realizar | \$ 3.840.478,98 | \$ - | \$ - | \$ - |
| | Subtotal Inversiones | \$ 3.840.478,98 | \$ - | \$ - | \$ - |
| | Rango de seguridad (15% de variación inversión) | 15% | \$ - | \$ - | \$ - |
| | TOTAL + 15% de variación | \$ 4.416.550,83 | \$ - | \$ - | \$ - |
| | Total Inversiones | \$ 4.416.550,83 | \$ - | \$ - | \$ - |

| | | | | | |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Inversión Acumulada | \$ 4.416.550,83 | \$ 4.416.550,83 | \$ 4.416.550,83 | \$ 4.416.550,83 | \$ 4.416.550,83 |
|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

| | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Flujo de caja libre | \$ - 4.931.288,65 | \$ 1.497.314,43 | \$ 2.329.379,83 | \$ 3.205.248,23 | \$ 4.232.597,83 |
|----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

| | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Flujo de Caja Acumulado | \$ - 4.931.288,65 | \$ - 3.433.974,23 | \$ - 1.104.594,40 | \$ 2.100.653,82 | \$ 6.333.251,65 |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|

Continua Siguiente Pagina

| | |
|-----|-----|
| TIR | 35% |
|-----|-----|

| | |
|-----|-----------------|
| VAN | \$ 3.321.895,70 |
|-----|-----------------|

| | |
|-------------------------|-----------------|
| VAN Ingresos | \$ 9.025.967,45 |
| VAN Egresos | \$ 4.015.046,21 |
| B/C (Beneficios/Costos) | \$ 2,25 |

| | | Año | | | | |
|--|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Depreciación (Equipos de procesamiento de datos) | 20% | \$ 883.310,17 | \$ 883.310,17 | \$ 883.310,17 | \$ 883.310,17 | \$ 883.310,17 |
| Utilidad Bruta | | \$ - 1.398.047,99 | \$ 614.004,26 | \$ 1.446.069,66 | \$ 2.321.938,06 | \$ 3.349.287,66 |
| Impuesto a la Renta (25%) | 20% | \$ - | \$ 122.800,85 | \$ 289.213,93 | \$ 464.387,61 | \$ 669.857,53 |
| Utilidad Neta | | \$ - 1.398.047,99 | \$ 491.203,41 | \$ 1.156.855,73 | \$ 1.857.550,45 | \$ 2.679.430,13 |
| Utilidad Acumulada | | \$ - 1.398.047,99 | \$ - 906.844,58 | \$ 250.011,15 | \$ 2.107.561,59 | \$ 4.786.991,72 |
| Flujo de caja Neto | | \$ - 4.931.288,65 | \$ 1.374.513,57 | \$ 2.040.165,89 | \$ 2.740.860,61 | \$ 3.562.740,29 |
| Flujo de Caja Neto Acumulado | | \$ - 4.931.288,65 | \$ - 3.556.775,08 | \$ - 1.516.609,18 | \$ 1.224.251,43 | \$ 4.786.991,72 |
| TIR | 28% | | | | | |
| VAN (20%) | | \$ 2.270.004,87 | | | | |

Tabla 4.14. Rentabilidad Financiera.

Para la evaluación de proyecto, se analizarán tres indicadores de rentabilidad, a través de los cuales se determinan la viabilidad financiera del mismo. Cabe señalar, que el solo hecho de calcularlos, no determina la viabilidad de un proyecto, pues es necesario que dichos valores tengan una interpretación. En este caso los indicadores a analizar son: la Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), el Valor Actual Neto (VAN o VPN) y la Relación Beneficio/Costo (B/C).

- ✓ Para el caso del TIR, la CNT EP considera rentable un proyecto cuando el TIR supera el 16%. En este proyecto, el TIR resultante antes de impuestos es del 35% por lo cual el proyecto es rentable (TIR luego de impuestos 28%).
- ✓ Para el caso del VAN, este es positivo; lo que significa que el proyecto, además de satisfacer las exigencias del capital de deuda y cubrir las expectativas de la inversión, generará un excedente.
- ✓ Para el caso de la relación B/C, este tiene un valor de mayor a uno (1); lo que significa que la inversión inicial realizada se recuperará satisfactoriamente; dejando entrever con estos resultados, que el proyecto será factible y viable.

4.11. Validación de Solución VoLTE

Las primeras redes comerciales VoLTE, fueron desplegadas en el mundo a mediados del 2012, específicamente en Corea del Sur. En este caso en particular, el proveedor Ericsson, suministro el primer equipamiento para el deslignie de VoLTE. Posteriormente, a mediados del 2014, operadores norteamericanos como AT&T, T-Mobile y Verizon, desplegaron los servicios de VoLTE en sus redes; en esta ocasión, el proveedor Alcatel-Lucent, fue quien proporcione la infraestructura necesaria para el despliegue de dichos servicios. Bajo esta consideración, se puede observar que tanto Ericsson como Alcatel-Lucent, han sido los motores de arranque para el despliegue de esta nueva tecnología.

En el caso de la CNT EP, la infraestructura propuesta para la solución IMS/VoLTE, está basada en equipamiento Huawei. Si bien es cierto, que el fabricante Huawei no ha sido el pionero en el despliegue e implementación de arquitecturas IMS y VoLTE a nivel mundial; el desarrollo tecnología alcanzado por esta marca, ha permitido que de manera comercial y tecnológica, equipare al resto de competidores de este mercado. Actualmente, Huawei y Alcatel-Lucent, cuentan con los premios “IMS INDUSTRY AWARDS”: “Best of VoLTE Product for its end-to-end (E2E) voice and video over LTE (V2oLTE) solution” y “Best VoLTE solution Package”, respectivamente; otorgados por el “IMS World Forum”.

En base a lo expuesto, y para validar que la solución VoLTE propuesta, es la más conveniente para los intereses comerciales y tecnológicos de la CNT EP, se ha visto la necesidad de realizar una comparación entre la solución planteada en el presente proyecto

de marca Huawei y la del fabricante Alcatel_Lucent. La Figura 4.31, muestra la arquitectura de red IMS/VoLTE comercializada e implementada por el fabricante Alcatel_Lucent. (Signals Research Group , 2014)

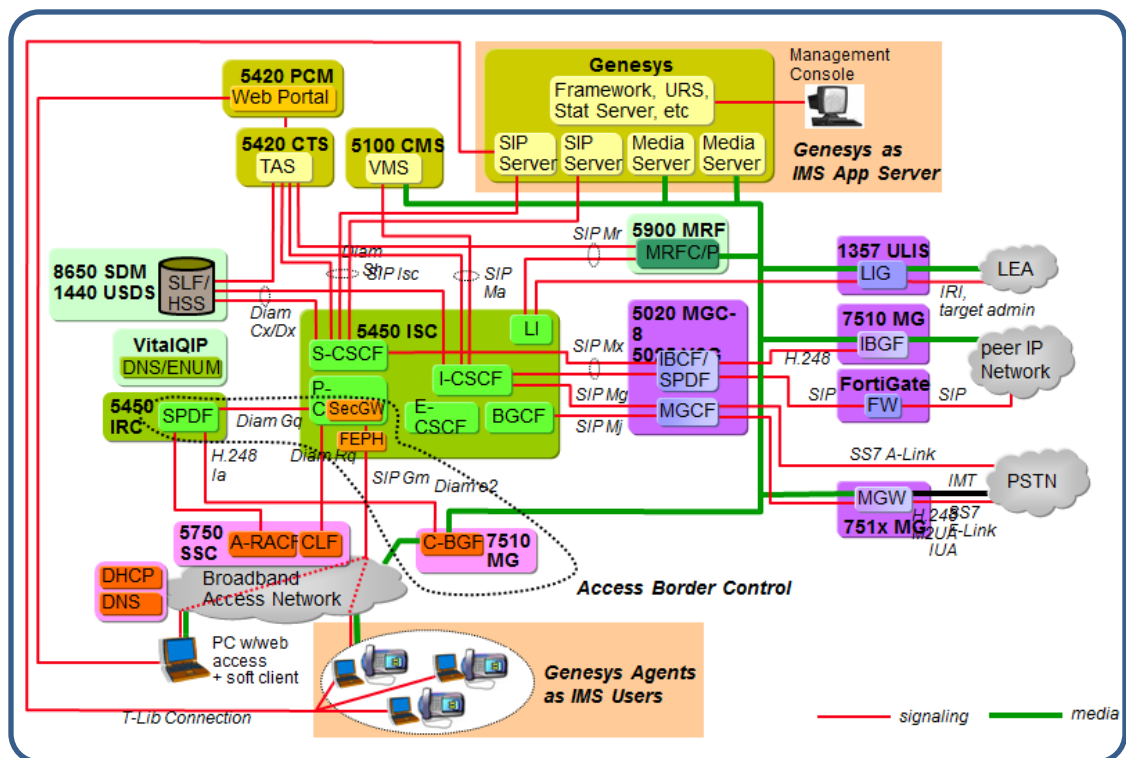


Figura 4.31. Arquitectura VoLTE – Alcatel_Lucent_Red AT&T⁵³

La Tabla 4.15, enlista los equipos utilizados en la arquitectura IMS/VoLTE del fabricante Alcatel_Lucent; en ella se muestran también las referencias comerciales de dichos equipos. (Anexo 3 – Portafolio Productos Alcatel_Lucent)

⁵³ Fuente: Alcatel-Lucent Application Strategy - Didier Usé. Ben Verwaayen. 2011.

| Capa | Elemento de Red | Referencia Comercial |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| Capa de Acceso | eMSC (mAGCF) | 5450 ISC |
| | | 5020 MGC-8 |
| | | 8650 SDM |
| Capa Core | HLR, IMS-HSS, SAE-HSS, | 1440 USDS |
| | | VitalQIP |
| | PCRF | 5450 IRC |
| | eMSC (SRVCC IWF o CSFB proxy) | 5450 ISC |
| | MGCF | 5020 MGC-8 |
| | I-CSCF, S-CSCF, BGCF y MRFC | 5450 ISC |
| | MRFP | 5900MRF |
| | SBC, P-CSCF, ATCF, ATGW, E-CSCF y EATF | 5450 ISC |
| | MGW y IM-MGW | 7510 MGW |
| | MMTel AS, SCC AS, IM-SSF, y IP-SM-GW | 5420 CTS |
| Capa de servicio | DMS | 8950 Vital Suite |
| Capa de soporte de operación | CCF | 8610 ICC |
| | | 8615 IeCCF |
| | EMS | 1300 XMC |

Tabla 4. 15. Elementos arquitectura VoLTE- Alcatel Lucent (Alcatel Lucent, 2009)

Tanto la estructura tecnológica de la solución Huawei como la de Alcatel_Luncet, operan bajo los estándares de la 3GPP/3GPP2; por lo cual las capas de acceso, de Core, de servicio y de soporte de operación; cuenta con funcionalidades similares. No obstante, la diferencia entre una y otra arquitectura, se enmarca en la capacidad de licencias, escalabilidad, adaptabilidad, servicios y funcionalidades adicionales que permite cada una de ellas. Las Tablas 4.16 a la 4.19, muestra las características técnica

principales de las entidades claves que conforman la arquitectura IMS/VoLTE, tanto para el equipamiento propuesto como para el del fabricante Alcatel_Lucent. En dichas tablas se puede observar la comparación funcional y de licenciamiento de las dos arquitecturas.

| Capa de Core - CSCF | | | |
|--|---|---|---|
| Características | Solución IMS/VoLTE (Huawei) CSC3300 | Solución IMS/VoLTE (Alcatel Lucent) 5450 ISC | Resultado de la Comparación |
| Funcionalidades | P-CSCF I-CSCF S-CSCF E-CSCF MRFC BCF BGCF | P-CSCF I-CSCF S-CSCF E-CSCF BGCF iAGCF SPDF | El equipo Alcatel Lucent, permite mayor número de funcionalidades concentradas en un solo equipo |
| Máximo Número de suscriptores | 10 millones | 9 millones | El equipo Huawei, tiene mayor capacidad de suscriptores |
| Máxima capacidad de procesamiento | 20 millones de sesiones por hora (BHSA) | 7.2 millones de sesiones por hora (BHSA) | El equipo Huawei, supera en aproximadamente 300% la capacidad de procesamiento de sesiones |
| Confiabilidad | 99.999% | 99.999% | Igual confiabilidad |

Tabla 4.16. Comparación Equipos Core IMS-CSCF. (Csóka, T., Lackovič, M., Šafranka, M.) (Huawei, HUAWEI CSC3300 Call Session Controller V100R010C10- Product Description, 2014)

En la Tabla 4.16, se puede observar que la solución Alcatel_Lucent, permite un mayor número de funcionalidades concentradas en un mismo equipos, lo cual permite

una reducción en el espacio de montaje y un menor número de puntos de falla; no obstante, la solución propuestas de marca Huawei, permiten una mayor capacidad para la atención de suscriptores, lo cual señala una mejor escalabilidad de los mismos.

| Capa de Core - HSS | | | |
|--|--|---|---|
| Características | Solución IMS/VoLTE (Huawei) HSS9860 | Solución IMS/VoLTE (Alcatel Lucent) 8650 SDM | Resultado de la Comparación |
| Funcionalidades | HLR UEIR HSS SLF LRF ENS ENUM DNS AuC | HLR AuC AAA HSS SLF MNP EIR | El equipo Huawei, permite mayor número de funcionalidades concentradas en un solo equipo |
| Máximo Número de suscriptores | GSM : 60 millones EPS: 70 millones IMS: 20 millones Total: 150 millones | 120 millones | El equipo Huawei, tiene mayor capacidad de suscriptores |
| Confiabilidad | >99.9999% | 99.9999% | El equipo Huawei, permite mayor confiabilidad |

Tabla 4.17. Comparación Equipos Core IMS-HSS. (Huawei, HUAWEI HSS9860 Home Subscriber Server V900R008C30 - Product Description, 2014) (Alcatel, 2014)

En la Tabla 4.17, se puede observar que la solución propuesta, permite un mayor número de funcionalidades concentradas en un mismo equipos, lo cual permite una reducción en el espacio de montaje, reducción de la cross conexión y un menor número de puntos de falla; así también, que observa que dicha solución, cuenta con una mayor

capacidad para la atención de suscriptores y mayor confiabilidad del equipo, lo cual señala una mejor escalabilidad de los mismos y alta operatividad.

| Capa de Servicio - Acceso | | | |
|--|---|---|---|
| Características | Solución IMS/VoLTE (Huawei) eMSOFTX3000 | Solución IMS/VoLTE (Alcatel Lucent) 5020 MGC-8 | Resultado de la Comparación |
| Funcionalidades | eMSC (mAGCF) eMSC (SRVCC IWF o CSFB proxy) MGCF VLR | GMSC MGCF | El equipo Huawei, permite mayor número de funcionalidades concentradas en un solo equipo |
| Máximo Número de suscriptores | 20 millones | 10 millones | El equipo Huawei, tiene mayor capacidad de suscriptores |
| Máxima capacidad de procesamiento | 50 millones de llamadas por hora (BHCA) | 4 millones de llamadas por hora (BHCA) | El equipo Huawei, tiene mucha mayor capacidad de procesamiento de llamadas |
| Confiabilidad | 99.9999% | 99.999% | El equipo Huawei, permite mayor confiabilidad |

Tabla 4.18. Comparación Equipos Acceso IMS- MSC. (Alcatel, Alcatel-Lucent 5020 MGC-8 Mediagatewa y Controller / Release 6.4, 2008) (Huawei, MSOFTX3000 V200R010C00 - Function Description, 2013)

En la Tabla 4.18, se puede observar que la solución propuesta, permite un mayor número de funcionalidades concentradas en un mismo equipos, lo cual permite una reducción en el espacio de montaje, reducción de la cross conexión y un menor número

de puntos de falla; así también; en cuanto a la capacidad de los equipos, la solución propuesta, cuenta con una mayor capacidad para la atención de suscriptores y procesamiento de llamadas, lo cual deja entrever que la solución marca Huawei, cuenta con una mejor escalabilidad y mayor rendimiento que la solución Alcatel_ Lucent.

| Capa de Servicio - AS | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Características | Solución IMS/VoLTE (Huawei) ATS9900 | Solución IMS/VoLTE (Alcatel Lucent) 5420 CTS | Resultado de la Comparación |
| Funcionalidades | MMTel AS SCC AS IM-SSF IP-SM-GW | MMTel AS RCS | El equipo Huawei, permite mayor número de funcionalidades concentradas en un solo equipo |
| Máximo Número de suscriptores | 10 millones | 10 millones | Igual número máximo suscriptores |
| Máxima capacidad de procesamiento | 24 millones de sesiones por hora (BHSA) | 20 millones de sesiones por hora (BHSA) | El equipo Huawei, tiene mejor capacidad de procesamiento de sesiones |
| Confiabilidad | 99.999% | 99.999% | Igual confiabilidad |

Tabla 4.19. Comparación Equipos de Servicio IMS- ATS. (Alcatel, Alcatel-Lucent Converged Telephony Server Release 11.1, 2014) (Huawei, HUAWEI ATS9900 Advanced Telephony Server V100R006C10 - Product Description, 2014)

En la Tabla 4.19, se puede observar que la solución propuesta, permite un mayor número de funcionalidades concentradas en un mismo equipo, lo cual permite una reducción en el espacio de montaje, reducción de la cross conexión y un menor número de puntos de falla; así también; en cuanto a la capacidad de los equipos, la solución propuesta, permite un mayor capacidad para el procesamiento de llamadas, lo cual señala que el rendimiento de los equipos marca Huawei es mejor que la solución Alcatel_Lucent.

En base las comparaciones realizadas, se observa que la solución propuesta, conformada por equipos marca Huawei, permite mayores y mejores ventajas, respecto a la solución del fabricante Alcatel_Lucent, por lo cual sería la que permitiera mayores beneficios a la CNT EP, para la implementación y despliegue de servicios IMS y VoLTE.

Desde el punto de vista económico, del tiempo de implementación, escalabilidad y de compatibilidad funcional de equipos, es necesario verificar, cuál de las soluciones planteadas (Huawei y Alcatel_Lucent), sería la más factible de implementar, considerando el actual equipamiento con el que cuenta la CNT EP. Es decir, es necesario analizar, el cambio conveniente que requeriría la red de la CNT EP, para que a través de esta se permita la prestación de servicios IMS y VoLTE. La Tabla 4.20, muestra un análisis comparativo del equipamiento y plataformas requeridas, para que la actual red de la CNT EP despliegue servicios IMS/VoLTE, ya sea considerando la solución propuesta y la del fabricante Alcatel_Lucent.

| Equipo Requerido | Solución Huawei/Respecto a la red de la CNT EP | Solución Alcatel Lucent/ Respecto a la red de la CNT EP | Solución Aplicable/ Conveniente |
|--------------------------------------|---|--|--|
| CSCF (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF) | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| AGCF | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| MRFP | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| MRFC | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| MGCF | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| ATS | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| SPG | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| UMG | Equipo nuevo | Equipo nuevo | Aplicable tanto para Huawei como Alcatel |
| HSS | Equipo existente en la actual red LTE CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE. (Actual HSS) | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |

Continua Siguiente Pagina

| | | | |
|----------------|---|--------------|--|
| ENS/DNS | Equipo existente en la actual red LTE CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE (embebido en el actual HSS). | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |
| CCF | Equipo existente en la actual red LTE CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE. | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |
| UEIR | Equipo existente en la actual red LTE CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE. (Actual EIR) | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |
| EMS | Equipo existente en la actual red LTE CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE. (Actual M2000, upgrade a U2000) | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |
| MSC | Equipo existente en la actual red NGN de la CNT EP; requeriría únicamente Upgrades de software para soporte IMS/VoLTE. (Actual MSC, upgrade a eMSC) | Equipo nuevo | Aplicable y conveniente, solución Huawei |

Tabla 4.20. Requerimiento de equipos red actual CNT EP.

La Tabla 4.20, muestra que la arquitectura propuesta con equipamiento Huawei, es más conveniente para la CNT EP, debido a que el 50% de equipamiento citado para la implementación de la arquitectura IMS/VoLTE, requerirá únicamente el upgrade de la versión software, con lo cual dichos equipos quedaría disponibles para el soporte de nuevos servicios. Mientras que la solución de fabricante Alcatel_Lucent, requeriría la

adquisición de todos los equipos enlistado en la tabla 4.16; esto implicaría que mucho del actual equipamiento con que cuenta la CNT EP, quedaría subutilizado, obsoleto e incluso duplicado; tal sería el caso de las entidades HLR/HSS y MSC.

4.11.1. Solución Convergente FMC

En cuanto a la convergencia de la solución, la arquitectura IMS/VoLTE de Huawei, está diseñada con una arquitectura totalmente convergente (FMC - Fixed Mobile Convergence); tanto a nivel de la capa de acceso, núcleo IMS y servidor AS. La solución soportar el tipo de acceso múltiple que incluye acceso fijo tales como: xDSL, FTTx, POTS, Internet, cable, H.248 MSAN, SIP MSAN, IP-PBX, PBX TDM, etc; y el acceso móvil: 2G, 3G, LTE, WiMax, WiFi, entre otros. En la industria, Huawei IMS/VoLTE aparece como la opción número uno en el mercado de VoBB. La solución no sólo soporta dispositivos del acceso LTE, sino que también soporta dispositivos de cualquier acceso, incluyendo teléfono móvil, softphone, teléfono fijo, etc. Al mismo tiempo, el servidor de aplicaciones AS puede proveer servicios convergentes, como por ejemplo, TISPAN, PSTN/ISDN, Cable Labs⁵⁴, servicios IP Centrex, número único, troncales IMS, etc. Desde este punto de vista, la plataforma Huawei, no solo que se presenta como una solución puntual para la implementación de una arquitectura IMS/VoLTE, como es el caso de Alcatel_Lucent; si no que está cuenta, a más de la solución como tal, con un portafolio de servicios muy amplios, para obtener el máximo provecho de dicha

⁵⁴ CableLabs: la empresa encargada de investigar y desarrollar los protocolos a usar en las redes por cable coaxial.

arquitectura. En resumen, la solución IMS de Huawei, al contrario de otras soluciones, se presenta con un sistema verdaderamente FMC (Todo en Uno).

4.11.2. Alta confiabilidad y alta disponibilidad

Desde el punto de vista tecnológico, todos los componentes claves de la solución Huawei (Core IMS, TAS y HSS), están diseñados con una alta disponibilidad, que permite una "redundancia local" a nivel de software y hardware.

Todos los componentes en estado activo (state-aware), trabajan en el modo hot standby 1+1, el cual permite por ejemplo, que las llamadas en proceso permanezcan activas después de un switchover. En cambio, todos los componentes en estado pasivo (state-unaware), trabajan en el modo load-sharing (carga compartida) o round-robin⁵⁵ para compartir la carga entre los componentes redundantes. La plataforma de software de la solución Huawei, denominada DROPA; es compatible con muchos mecanismos de redundancia, incluyendo 1+1 active/standby, load-sharing, y el modo pool; a diferencia de la solución Alcatel_Lucent, que únicamente permite los mecanismos de redundancia 1+1 y N+K active/standby.

El software DOPRA permite al sistema crear una copia de seguridad del estado del sistema y de las llamadas de datos relacionados entre unidades activas y en espera, manteniendo las llamadas en curso sin interrupciones en caso de switchover. Así también, las interfaces IP trabajan en modo 1+1 active/standby y comparten la misma dirección IP para exponer una única interfaz redundante hacia las demás entidades externas. La fiabilidad del sistema de control de llamadas se asegura a través de diseños

⁵⁵ Round Robin: Sistema de todos contra todos

avanzados en diversos aspectos, tales como hardware, software, y el sistema de suministro de energía. Además de estos, se utilizan otras técnicas para garantizar la fiabilidad del sistema; entre ellas están:

- ✓ Detección rápida de fallas durante procesos de switchover.
- ✓ Aislamiento del espacio en la memoria, de tal forma que el mal funcionamiento de un proceso no afecta a otros.
- ✓ Interfaces externos redundantes; que en caso de fallo permite la conmutación de interfaces de la capa física o enlace.
- ✓ Diagnóstico de error de hardware; mediante el cual, el sistema monitorea la integridad del mismo, diagnosticando de forma automática su estado y brindando informes sobre cualquier fallo de hardware.
- ✓ Protección de facturación; mediante el cual los CDR, se almacenan de forma segura para evitar problemas durante procesos de cobro y reinicio del sistema.
- ✓ Actualización de software transparente; con lo cual, las sesiones en curso se mantienen sin interrupción durante los procesos de actualización e instalación de parches de software en las diferentes entidades.
- ✓ Escalabilidad transparente; con lo cual, los servicios se mantienen sin interrupción durante el período de expansión del sistema, ya sea en hardware o licenciamiento.

4.11.3. Alternativa más viable

De lo expuesto, en cuanto a la validación de la solución IMS/VoLTE propuesta, se concluyen los siguientes aspectos fundamentales:

- Los equipos de marca Huawei, cuenta con mejores características técnicas que los de la solución Alcatel_Lucent; puesto que el equipamiento Huawei, presente una mayor confiabilidad del sistema debido al grado de redundancia con el cual estos opera; además de una mayor disponibilidad y escalabilidad de sus equipos.
- La solución de marca Huawei, presenta una mayor capacidad para el procesamiento de tráfico. El Core IMS Huawei, tiene una capacidad de procesamiento, tres veces superior a lo que se podría alcanzarse con equipamiento Alcatel_Lucent.
- Debido a que red actual de la CNT EP (3G/4G), está conformada casi en su totalidad por equipamiento marca Huawei; es más conveniente adquirir equipamiento IMS/VoLTE del mismo fabricante, ya que con ello, se podría reutilización gran cantidad del hardware instalado. El uso de equipos Huawei, traería como resultados, una menor inversión del equipamiento requerido y además, la optimización del tiempo de implementación, ya que muchos de los equipos tan solo requerirían la actualización de su versión de software; lo que no sucede con la solución Alcatel_Lucent, que demanda la adquisición de la totalidad del equipamiento.
- En cuanto a los costos referenciales de las dos soluciones, si se toma en consideración la cantidad de equipamiento nuevo requerido y la reutilización de hardware en el caso de la solución Huawei; el costo referencia de la solución

Alcatel_Lucent (todo el equipamiento nuevo) respecto a la propuesta, será un 30% mayor que el costo referencial de la solución Huawei.

- Respecto a la implementación, administración y operatividad de la solución, se debe considerar que el personal técnico de la CNT EP, tiene una amplia experiencia en la gestión de equipamiento Huawei (red 3G y 4G son del fabricante Huawei), lo que implicaría una sustancial disminución del tiempo de capacitación para la administración, aprovisionamiento y gestión de los nuevo equipos; lo que no sucedería con el equipamiento del proveedor Alcatel_Lucent

De manera explícita y en base a los argumentos señalados; que hacen referencia a capacidad, escalabilidad, confiabilidad, adaptabilidad, costos de inversión, tiempo de implementación y experiencia en la gestión de equipos; se concluye que la arquitectura más viable y conveniente a implementar por parte de la CNT EP, para el despliegue de servicios VoLTE sobre una arquitectura IMS, es la que se basa en equipamiento Huawei. En función de ello, se recomienda a la CNT EP, utilizar equipamiento Huawei para el despliegue de la solución IMS/VoLTE.

4.12. Marco Legal o Regulatorio Aplicable al Proyecto

A nivel mundial, las comunicaciones unificadas y convergentes, están expandiéndose de forma vertiginosa, tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo. En el caso de las plataformas tecnológicas IMS y VoLTE, las mismas están siendo utilizadas para la prestación de nuevos servicios de voz y para mejorar la calidad de las comunicaciones, dando como resultado redes de comunicaciones más robustas, con una mayor variedad de productos y servicios a bajos costos. Básicamente,

las plataformas en mención, han alcanzado una madurez tecnológica aceptable en el mercado de las telecomunicaciones, sin embargo desde el punto de vista regulatorio, este ha quedado retrasado, debido a la falta de reglamentos y leyes explícitas para este tipo de servicios.

En el caso del Ecuador, el despliegue de servicios IMS y VoLTE, podrían estar amparados por varios artículos de la actual Constitución de la República del Ecuador, por artículos de la nueva Ley Orgánica de Telecomunicaciones, y por reglamentos y resoluciones aún vigentes, relacionadas con la prestación de servicios de Internet, del servicio móvil avanzado y de servicios de valor agregado.

4.12.1. Constitución de la República del Ecuador.

Haciendo referencia a la actual Constitución de la República del Ecuador (2008), IMS y VoLTE, estarían regidos a los siguientes artículos de la Constitución:

- **Artículo 16.**

“Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

1. Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos.
2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación.” (Asamblea Constituyente., 2008)

El Artículo 16, numerales 1 y 2; enmarcan el hecho que el acceso a las tecnologías de la información y de la comunicación, son un derecho para los ciudadanos y el estado debe velar porque este derecho sea efectivizado mediante el despliegue de tecnologías

que permitan una mayor accesibilidad y asequibilidad a la población; en esto, IMS se consideraría un buen instrumento para la expansión de servicios.

- **Artículo 17.**

“El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto:

1. Garantizará la asignación, a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones, de las frecuencias del espectro radioeléctrico, para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y precautelará que en su utilización prevalezca el interés colectivo.

2. Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que carezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada” (Asamblea Constituyente., 2008)

El Artículo 17, numerales 1 y 2; se fortalece el hecho del acceso universal a las tecnologías de la información y la comunicación. Adicionalmente, al hacerse énfasis del uso de bandas libres para la comunicación social, se presume que el Internet puede ser considerado como medio de comunicación, lo que favorecería el despliegue de servicios de valor agregados sobre redes IP, como por ejemplo la voz.

- **Artículo 66.**

“Se reconoce y garantizará a las personas:

25. El derecho a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características.” (Asamblea Constituyente., 2008)

El Artículo 66, numeral 25; enfatiza el derecho del acceso a servicios públicos de calidad, con eficiencia y eficacia. En este punto, tanto VoLTE como IMS, ofrecer a los suscriptores del servicios, alta calidad y eficiencia en la prestación de los mismos.

- **Artículo 313.**

“El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.” (Asamblea Constituyente., 2008)

- **Artículo 314.**

“El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación”

Los Artículos, 313 y 314, señala que las telecomunicaciones, son un sector estratégico para el desarrollo del país, por lo cual el Estado, deberá propender su desarrollo y la mantener la vanguardia tecnología del mismo. En este caso la CNT EP, al ser una empresa estatal, fomentará a través del uso de nuevas plataformas (IMS y VoLTE) y del despliegue de servicios convergentes, el desarrollo del sector de las telecomunicaciones.

4.12.2. Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones, publicada en el registro oficial número 439 del 18 de febrero del 2015, no estipula explícitamente la regulación para los servicios IMS y VoLTE; sin embargo, los servicios en mención estarían supeditados a los siguientes artículos:

- **Artículo 3.**

“Son objetivos de la presente Ley:

1. Promover el desarrollo y fortalecimiento del sector de las telecomunicaciones.
2. Fomentar la inversión nacional e internacional, pública o privada para el desarrollo de las telecomunicaciones.

3. Incentivar el desarrollo de la industria de productos y servicios de telecomunicaciones.
4. Promover y fomentar la convergencia de redes, servicios y equipos.
5. Promover el despliegue de redes e infraestructura de telecomunicaciones, que incluyen audio y vídeo por suscripción y similares, bajo el cumplimiento de normas técnicas, políticas nacionales y regulación de ámbito nacional, relacionadas con ordenamiento de redes, soterramiento y mimetización.
6. Promover que el país cuente con redes de telecomunicaciones de alta velocidad y capacidad, distribuidas en el territorio nacional, que permitan a la población entre otros servicios, el acceso al servicio de Internet de banda ancha.
8. Establecer el marco legal para la emisión de regulación ex ante, que permita coadyuvar en el fomento, promoción y preservación de las condiciones de competencia en los mercados correspondientes en el sector de las telecomunicaciones, de manera que se propenda a la reducción de tarifas y a la mejora de la calidad en la prestación de servicios de telecomunicaciones.
13. Fomentar la neutralidad tecnológica y la neutralidad de red.” (Asamblea Nacional., 2015)

En el Artículo 3, la mayoría de sus numerales, enfatizan como objetivos principal de la ley, el hecho de fortalecer el mercado de las telecomunicaciones, a través de fomentar el desarrollo del sector, promoviendo la convergencia de redes, servicios y equipos, con redes de alta velocidad. La descripción técnica que hace referencia este artículo, concuerda perfectamente con las características de los servicios que se pueden

implementar a través de las redes IMS, VoLTE y LTE; a través de las cuales se promueve la convergencia de servicios, de redes y además el acceso a datos de alta velocidad.

- **Artículo 4.**

“La administración, regulación, control y gestión de los sectores estratégicos de telecomunicaciones y espectro radioeléctrico se realizará de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

La provisión de los servicios públicos de telecomunicaciones responderá a los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad así como a los principios de solidaridad, no discriminación, privacidad, acceso universal, transparencia, objetividad, proporcionalidad, uso prioritario para impulsar y fomentar la sociedad de la información y el conocimiento, innovación, precios y tarifas equitativos orientados a costos, uso eficiente de la infraestructura y recursos escasos, neutralidad tecnológica, neutralidad de red y convergencia.” (Asamblea Nacional., 2015)

El Artículo 4, hace mención a la innovación y neutralidad tecnológica, así como también a la neutralidad de las redes y a la convergencia de servicios. Bajo este escenario, IMS y VoLTE son tecnologías innovadoras, que presentan un acceso universal para servicios y de aplicaciones.

- **Artículo 10.**

“Toda red de la que dependa la prestación de un servicio público de telecomunicaciones; o sea utilizada para soportar servicios a terceros será considerada una red pública y será

accesible a los prestadores de servicios de telecomunicaciones que la requieran, en los términos y condiciones que se establecen en esta Ley, su reglamento general de aplicación y normativa que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Las redes públicas de telecomunicaciones tenderán a un diseño de red abierta, esto es sin protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que se permita la interconexión, acceso y conexión y cumplan con los planes técnicos fundamentales. Las redes públicas podrán soportar la prestación de varios servicios, siempre que cuenten con el título habilitante respectivo.” (Asamblea Nacional., 2015)

El Artículo 10, señala que las redes de telecomunicaciones deberán tener una estructura abierta, sin protocolos específicos que favorezcan a un fabricante determinado. Para el caso, las plataformas IMS y VoLTE, del fabricante Huawei, cumple con los requisitos de red abierta que permita la interconexión e interoperabilidad con elementos de red de otra marca y/o fabricante.

- **Artículo 12.**

“El Estado impulsará el establecimiento y explotación de redes y la prestación de servicios de telecomunicaciones que promuevan la convergencia de servicios, de conformidad con el interés público y lo dispuesto en la presente Ley y sus reglamentos. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones emitirá reglamentos y normas que permitan la prestación de diversos servicios sobre una misma red e impulsen de manera efectiva la convergencia de servicios y favorezcan el desarrollo tecnológico del país, bajo el principio de neutralidad tecnológica.” (Asamblea Nacional., 2015)

En base a lo expuesto en el Artículo 12, se deberá impulsar la convergencia de servicios y el desarrollo tecnológico. Con respecto a lo mencionado, tanto la arquitectura IMS y el despliegue de VoLTE, fomentarán de manera directa el desarrollo tecnológico del país. En cuanto a productos y servicios que se puedan brindar a través de estas redes, es de competencia de la ARCOTEL, emitir las regulaciones correspondientes para la regulación de los nuevos servicios.

- **Artículo 36.**

“Se definen como tales a los servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión.

1. Servicios de telecomunicaciones: Son aquellos servicios que se soportan sobre redes de telecomunicaciones con el fin de permitir y facilitar la transmisión y recepción de signos, señales, textos, vídeo, imágenes, sonidos o información de cualquier naturaleza, para satisfacer las necesidades de telecomunicaciones de los abonados, clientes, usuarios.

Dentro de los servicios de telecomunicaciones en forma ejemplificativa y no limitativa, se citan a la telefonía fija y móvil, portadores y de valor agregado.

Los prestadores de servicios de telefonía fija o móvil podrán prestar otros servicios tales como portadores y de valor agregado que puedan soportarse en su red y plataformas, de conformidad con la regulación que se emita para el efecto.” (Asamblea Nacional., 2015)

El Artículo 36, se desprende que tanto VoLTE como IMS, podrían considerarse servicios de valor agregado, puesto que son prestados a través de las redes fijas y móviles.

- **Artículo 69.**

“Los prestadores de servicios de telecomunicaciones que operen o controlen redes públicas de telecomunicaciones tienen la obligación de interconectarse con otras redes públicas de telecomunicaciones y permitir el acceso a otros prestadores de servicios de telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley, su Reglamento General y las regulaciones correspondientes. A tal efecto, deberán poseer diseños de arquitectura de red abierta que permitan la interconexión y la interoperabilidad de sus redes y el acceso a las mismas.” (Asamblea Nacional., 2015)

El Artículo 69, ratifica lo expuesto en el Artículo 10 de esta misma ley. En este caso, las plataformas IMS y VoLTE, del fabricante Huawei, cumple con los requisitos de red abierta que permita la interconexión e interoperabilidad con elementos de red de otra marca y/o fabricante.

- **Artículo 88.**

“5. Promover el desarrollo y masificación del uso de las tecnologías de información y comunicación en todo el territorio nacional.

7. Promover el desarrollo y liderazgo tecnológico del Ecuador que permitan la prestación de nuevos servicios a precios y tarifas equitativas.” (Asamblea Nacional., 2015)

El Artículo 88, señala el hecho de promover el desarrollo y el liderazgo tecnológico. En base de ello, la CNT EP, en vanguardia con la tecnología, implementara en su red actual, una arquitectura IMS, que le permitirá la prestación de servicios innovadores y de óptima calidad.

- **Artículo 94.**

“La administración, regulación, gestión, planificación y control del espectro radioeléctrico perseguirá los siguientes objetivos:

4. Desarrollo tecnológico e inversión.- Se debe promover el desarrollo y la utilización de nuevos servicios, redes y tecnologías de la información y las comunicaciones y su acceso universal a toda la población y fomentar la inversión pública y privada.”

(Asamblea Nacional., 2015)

Al igual que el Artículo 88 de esta misma ley, el artículo 94, promueve el desarrollo de nuevos servicios. Lo cual es uno de los objetivos principales que se ha propuesto la CNT EP, con la implementación de la plataforma IMS y el despliegue de nuevos servicios de valor agregado para la voz, entre los cuales se encuentra VoLTE.

4.12.3. Reglamento para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado.

La reglamentación vigente para la Prestación del Servicio Móvil Avanzado, acoge también la implementación de nuevas redes y servicios. Entre los artículos de este reglamento se pueden mencionar los siguientes:

- **Artículo 13.**

“Las RSMA (red de servicio móvil avanzado) tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que, se permita la interconexión y conexión y que cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL (Ahora ARCOTEL)”. (CONATEL, 2002)

- **Artículo 15.**

“Los prestadores del SMA (servicios móvil avanzado) en la banda de frecuencias esenciales concesionadas para la prestación del SMA, no requerirán de autorización o de nueva concesión para realizar las actualizaciones tecnológicas correspondientes que les permita evolucionar o converger hacia sistemas más avanzados, que provean mayores facilidades a sus usuarios, siempre y cuando no se cambie el objeto de la concesión.”
(CONATEL, 2002)

Los Artículos 13 y 15 del reglamento en mención, sustentan la evolución y convergencia de las redes hacia sistemas más avanzados. En este aspecto, la CNT EP, ha venido desarrollando procesos continuos de evolución en sus redes, tanto fijas como móviles. En el caso de la red móvil, está experimentando cambios fundamentales en su arquitectura; partiendo desde sistemas CDMA, que luego fueron remplazados por tecnologías HSPA+ y LTE, y ahora con la propuesta de una red IMS para el despliegue de VoLTE.

4.12.4. Reglamentos a los de Voz Sobre Internet

Al hablar de voz sobre Internet, se debe señalar que esta tecnología se encuentra en el mercado de las telecomunicaciones hace ya varios años. No obstante, hace aproximadamente 9 años atrás (2006), fue regularizado su uso, mediante la “RESOLUCIÓN 491-21-CONATEL-2006”. De ella se puedan mencionar los artículos más relevantes para el uso de la VoIP:

- **Artículo 3.**

“La voz sobre Internet, podrá ser ofrecida por los centros de acceso a la información y aplicaciones disponibles en la red de Internet con sujeción a la regulación vigente, observando las siguientes restricciones:

- a) La voz sobre Internet podrá ofrecerse exclusivamente para tráfico internacional saliente, prohibiéndose su utilización para la realización de llamadas locales, regionales, de larga distancia nacional, al servicio móvil avanzado;
- b) Los centros de acceso a la información y aplicaciones disponibles en la red de Internet, que ofrezcan voz sobre Internet, de conformidad con lo señalado en el literal a) del presente artículo requerirán únicamente de un certificado de registro, el mismo que se obtendrá de conformidad con la presente resolución.” (CONATEL, 2009)

- **Artículo 4.**

“Se prohíbe a los centros de acceso a la información y aplicaciones disponibles en la red de Internet, el uso de dispositivos de conmutación, tales como gateways o similares que permitan conectar las llamadas sobre Internet a la red telefónica pública conmutada, a las redes del servicio móvil avanzado (SMA) y que de esta manera permitan la terminación de llamadas en dichas redes.” (CONATEL, 2009)

VoIP y VoLTE, tienen los mismos principios funcionales; sin embargo, tecnológicamente no son iguales. La diferencia radica en que VoLTE es gestionado por el operador y no por una aplicación como lo es VoIP. VoLTE deberá tener un número de línea asociado y un modo de operación con iguales características que la actual telefonía móvil; en cambio VoIP, le es suficiente el acceso a Internet y el uso de una

aplicación de un tercero (por ejemplo Skype). Sin embargo, al no existir regulación vigente para el despliegue de VoLTE; los artículos 3 y 4 de esta resolución, podrían sustentar el despliegue de tales servicios.

4.12.5. Reglamentos para la Prestación de Servicios de Valor Agregado.

La reglamentación vigente para la Prestación de Servicios de Valor Agregado, sustenta el despliegue de nuevos servicios. En base de ello, el artículo 2 señala:

- **Artículo 2.**

“Son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información.

Se entiende que ha habido transformación de la información cuando la aplicación redirecciona, empaqueta datos, interactúa con bases de datos o almacena la información para su posterior retransmisión.” (CONATEL, 2002)

Los nuevos servicios a ser implementados sobre IMS (número único, centrex convergente, troncal IMS, etc), estarían sustentados por este artículo, puesto que los mismos utilizarán los servicios de telecomunicaciones para la transmisión de la información. El Artículo 36, de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, clasifica también a los servicios de valor agregado como servicios de telecomunicaciones.

4.12.6. Plan Técnico Fundamental de Numeración.

Dentro del Plan Técnico Fundamental de Numeración vigente, se menciona que el ente regulador local (ARCOTEL), asignará la numeración necesaria para nuevos servicios, según lo establecido en dicho plan y considerando la disponibilidad de recursos. En el caso de la CNT EP, para el despliegue de los servicios IMS se utilizarán recursos numéricos del rango asignado para la telefonía fija y móvil, esto dependiendo de servicios IMS requerido por el usuario.

Adicionalmente, en este plan técnico, también se señalan las directrices para enfrentar la convergencia de planes de numeración a través del uso de la normativa del protocolo de correspondencia ENUM de número E.164 y URI. En IMS, el protocolo ENUM es utilizada para la asignación de la numeración y la personalización del servicios hacia el usuario final.

4.12.7. Consideraciones del Marco Regulatorio.

El estudio de factibilidad técnica para el despliegue de servicios VoLTE sobre una arquitectura IMS, implica también la prestación de servicios de valor agregado tales como: número único, centrex convergente y troncales IMS; como lo expuesto anteriormente, estos servicios tampoco se encuentran específicamente estipulados dentro de la normativa regulatoria actual vigente del Ecuador, por lo cual es necesario consideración lo siguiente:

- Notificar al ente regulación y de control local (ARCOTEL), de los servicios a ser desplegados sobre la plataforma IMS; en base de lo cual, dicho organismo, expedirá

las observaciones correspondiente y en su defecto emitirá la regulaciones necesarias que deberán ser acatadas por la CNT EP.

- Notificar al ente de regulación y control local (ARCOTEL), del costo de los servicios que serán desplegados en IMS, mismo que deberán ser sujetos a regulación y de aplicación obligatoria por parte de la CNT EP. La aplicación de costo deberá considerar las normas regulatorias vigentes, tales como: planes técnicos fundamentales, prohibición de aplicación de subsidios cruzados, prohibición de ventas atadas, costos por debajo de los estipulados, entre otros.
- Asignación de números a equipo de computación (PC), esto debido a que el Plan Técnico Fundamental de Numeración vigente (2013), no prevé asignación numérica para este tipo de equipos. En el caso de IMS, estos números también podrán ser asignados a equipos de computación y ser implementados a través de software telefónico (softphone).
- El despliegue y venta de servicios IMS y VoLTE, y la eventual migración de usuarios de las plataformas convencionales, no deberán afectar la prestación de los actuales servicios, los procesos de interconexión con otras operadoras y la facturación de los mismos.

4.12.8. Impacto en la regulación.

- La regulación tradicional de calidad y precios de la telefonía fija y móvil, han ido perdiendo sustento frente al desarrollo e imposición de la telefonía VoIP; por esta razón, se requiere cambios en la regulación actual, que permitan a las operadoras de telecomunicaciones, el despliegue y la implementación de nuevos servicios, los

cuales eliminan la ventaja competitiva que tiene con los servicios de voz desplegados sobre Internet.

- Las plataformas IP, permiten transportar múltiples aplicaciones de voz, video, imágenes, texto y datos; por lo cual es necesario analizar cambios en la regulación, que fomente el despliegue de servicios IMS.
- Los importantes cambios tecnológicos, de comportamiento de clientes, de convergencia de las telecomunicaciones con las tecnologías de la información y con la transmisión de contenidos, han desarrollado una nueva estructuración del mercado de telecomunicaciones, misma que impulsan al cambio regulatorio.

4.13. Próximos Pasos

La implementación de una plataforma IMS, abre un nuevo mercado extenso para el despliegue de servicios innovadores de valor agregado a los servicios convencionales de la telefonía fija y móvil. VoLTE, es una de las soluciones que pueden ser desplegadas sobre dicha arquitectura; no obstante, IMS permite también el despliegue inmediato de la solución conocida como RCS (Rich Communication Suite - Servicio de Comunicaciones Enriquecidas) mediante la adhesión de una nueva plataforma que permite el despliegue de dicho servicio.

4.13.1. Servicio de Comunicaciones Enriquecidas (RCS).

El desarrollo de las redes de telecomunicaciones y de los servicios, ha traído consigo, nuevas demandas de comunicación por parte de los usuarios finales, en cuanto al uso de servicios de mensajería instantánea (IM), compartición multimedia y servicios comunitarios. Actualmente, estos servicios están siendo atendidos mediante servicios

OTT, puesto que la comunicación tradicional no cumple con las nuevas exigencias de comunicación de los suscriptores. Para conservar y aumentar los ingresos del mercado, los operadores de telecomunicaciones deberán evolucionar sus negocios hacia solución que satisfagan las comunicaciones por Internet. La solución RCS, proporciona el cambio de negocio requerido para satisfacer la demanda de comunicaciones enriquecida o mejoradas. Mientras que VoLTE, proporciona llamadas con mejor calidad y conexiones más veloces para el establecimiento de las mismas; RCS brinda nuevas funcionalidades en tres áreas principales en los servicio de telecomunicaciones: la telefonía, mensajería y administración de contactos. Similar a lo que ocurre con VoLTE, RCS aprovecha el uso de la plataforma IMS para proporcionar servicios de comunicación enriquecida, pudiendo ser implementada sobre dicha arquitectura de forma acelerada. Dentro de los beneficios que proporciona RCS están:

- Provisión de servicios de comunicación estandarizados.
- Interconexión transparente entre los servicios de voz y SMS.
- Provisión de servicio de número móvil.
- Garantía de calidad de servicio (QoS).
- Interoperabilidad entre operadores.
- Seguridad y confiabilidad.

Además de la voz y de servicios de vídeo, RCS ofrece los servicios de presencia o ubicación de personas, mensajería instantánea (IM), servicio de mensajes cortos (SMS), intercambio de contenidos y servicios de la libreta de direcciones de la red. Entre los servicios y función que ofrece RCS están:

- Mensajería Instantánea: con lo cual se permitir los servicios de Chat uno a uno, Chat uno a muchos (Grupo temporal), Chat de voz y mensajes offline.
- Interconexión IM-SMS: con lo cual se podrá habilita la interconexión entre los mensajes cortos y mensajes instantáneos.
- Presencia: con lo cual se podrá presentar la información de presencia de otras personas suscritas al servicio, publicar información personal de presencia, suscribirse y cancelar la información de presencia de otras personas.
- Libreta de direcciones de red: con lo cual se podrá realizar el backup, la restauración y la actualización de la libreta de direcciones.

Básicamente con RCS, el operador de servicios de telecomunicaciones, se conviene en un proveedor de servicios OTT, con la diferencia de que el servicio prestado, contara con QoS, control y confiabilidad.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

- Al finalizar el estudio de factibilidad técnica para el despliegue de servicios VoLTE sobre una arquitectura IMS, tomando como caso de estudio a la red de la CNT EP; se concluye que el despliegue de dicho servicios es cien por ciento factible y necesario para la CNT EP, esto debido a que su red actual (3G/LTE), es altamente escalable y compatible con la arquitectura IMS y VoLTE propuesta.
- La evolución de las telecomunicaciones, ha marcado un hito dentro del desarrollo social. Nuevas tecnologías y aplicaciones, tanto fijas como móviles, han fomentado la demanda de nuevos y mejores servicios, que satisfagan las necesidades de los usuarios. Bajo este escenario, los operadores de telecomunicaciones han visto la imperiosa necesidad, no solo de cambiar sus arquitecturas de red, sino también la visión del negocio, todo ello con el fin de mantenerse competitivos en un mercado tan dinámico como lo es el de las telecomunicaciones.
- VoLTE es un estándar de comunicación basada en dos normas: IMS introducida en el Release 5 y LTE introducida en el Release 8 de la 3GPP. Tanto IMS como LTE, son dos estándares independientes, en el cual el uno no depende de la existencia del otro; sin embargo, en el caso de VoLTE, este fue concebido como una tecnología que combina IMS y LTE, con el fin de crear un nuevo sistema que sea capaz de mejorar la calidad de la voz cuando esta es transmitida a través de una red todo IP.
- A pesar de que el mercado tecnológico de las telecomunicaciones, ha evolucionado a pasos agigantados en la última década, se observa que el marco regulatorio de las

telecomunicaciones, ha quedado rezagado. En el Ecuador, el marco regulatorio actual, aun no contempla la regulación de servicios que pueden ser implementados sobre plataformas todo IP, tales como: servicios OTT, servicios de valor agregado IMS, VoLTE, RCS, entre otros.

- El marco regulatorio del Ecuador, no contempla actualmente y de manera explícita, la regulación de los productos y servicios que puedan brindarse a través de las redes IMS (Número Único, RCS, OTT, etc); las leyes vigentes, contemplan artículos que sustentan el despliegue de dichos servicios.
- La implementación de una arquitectura IMS, y el despliegue de servicios de valor agregado, entre los cuales se puede mencionar a VoLTE; permitirá a la CNT EP, incrementar su cartera de clientes, mejorar la fidelización de los mismos y por ende obtener un incremento de sus ingresos, lo cual es un beneficio tanto para el operador como para el país.
- Los indicadores de rentabilidad obtenidos en la evaluación del proyecto, muestra un VAN positivo en cinco años; una tasa de rentabilidad del 35% la cual es superior a la tasa mínima aceptada por CNT EP (mínimo 16%) y una recuperación de la inversión y de costos operacionales a los 3 años; con ello se puede concluir, que el proyecto no solo que permitir recuperar la inversión realizada, sino que también permitirá cubrir las expectativas de inversión y generar un excedente financiero, dando la plena convicción de que la factibilidad técnica del proyecto es viable.
- En base al estudio realizado, se concluye que la solución IMS/VoLTE propuesta, con equipamiento de la marca Huawei, es más factible y viable que otras soluciones de

similares características y disponibles en el mercado, puesto que la misma se adapta de mejor manera a los intereses económicos y comerciales de la CNT EP. Considerando que la red actual de la CNT EP, está conformada en su gran mayoría por tecnología Huawei; la implementación de nuevas arquitecturas en base a dicha tecnología, le permitirá a la CNT EP el reúso de hardware disponible y por ende la optimización de espacio (rack), cross conexión y de costo de implementación de nuevos servicios.

- Actualmente, varios son los fabricantes que cuenta con soluciones IMS y VoLTE para el mercado de la telecomunicación. Las infraestructuras ofertadas, son de perfil abierto y de protocolos estándar, que permite la interoperabilidad y acoplamiento entre equipos de diferentes marcas. Cabe señalar, que en el caso de la CNT EP, el hecho de operar con infraestructura de un mismo fabricante, ha permitido que la implementación e instalación de nuevos equipos y productos, se más acelerada. Gracias a ello, es posible reducir el tiempo de migración de servicios, de usuarios, de aplicaciones, de pruebas de post-producción, de implementación de nuevos productos; y lo más importante, la reutilización de hardware.
- En el Ecuador actualmente, no existe desplegada ningún red basada en arquitectura IMS; así tampoco se brindan servicios convergentes fijos/móviles por parte de alguna operadora de telecomunicaciones del país; por lo cual, la CNT EP al implementar la arquitectura menciona, obtendrá un claro diferenciador y ventaja con respecto a la competencia, pues brindará servicios innovadores en comunicaciones

integrales, que le permitirán aprovechar de mejor manera la infraestructura desplegada hasta el momento en todas sus redes.

- Con la implementación de un Core IMS, la CNT EP, podrá a futuro ir agregando servicios innovadores tales como RCS (Rich Communication Suite), Comunicaciones Unificadas Convergentes y VoLTE nativo; esto de una manera eficaz y eficiente, tan solo con la agregación de servidores de aplicación de cualquier fabricante o desarrollador.
- La aparición de nuevas tecnologías móviles, como es el caso de LTE y VoLTE, han suscitado el hecho de que los teléfonos móviles (Smartphone), deban también cambiar su arquitectura electrónica, esto con el fin no solo de adaptarse a las nuevas redes, sino también para poder aprovechar de mejor manera los beneficios de velocidad y calidad que permiten las nuevas tecnologías. En el caso de LTE, los cambios más relevantes que se tuvieron que realizar en los terminales móviles, fueron a nivel del módulo inalámbrico, de las antenas de recepción/transmisión y del procesamiento de llamadas. Con VoLTE, los terminales móviles, deberán sufrir un nuevo cambio que les permita soportar dicha tecnología. La consecuencia de ello, se verá enmarcada en la necesidad del cambio de terminales móvil por parte del usuario final, lo que podría afectar a la penetración del nuevo servicio para la CNT EP.
- EL despliegue de VoLTE, trae consigo un inconveniente primordial para el establecimiento de una llamada, puesto que se debe considerar que los extremos que interviene en la comunicación (usuario llamante y llamado), tienen que tener terminales móviles compatibles con dicha tecnología.

- Una de las ventajas importante que trae consigo VoLTE, es la optimización del uso de la batería de los terminales móviles. Este hecho se debe a que con VoLTE, el terminal no requerida la ejecución de proceso de CSFB para completar la llamada, sino que las llamadas realizadas, serán atendidas directamente sobre la misma red LTE.
- Actualmente, la ejecución de llamadas de voz en la red LTE de la CNT EP, implica la ejecución de procesos de CSFB (paso de red de paquetes a red de circuitos); este proceso hace que las llamadas realizadas sean completadas en un tiempo de aproximadamente 5 segundos, lo cual puede afectar la percepción del usuario final. Con VoLTE, el establecimiento de las llamadas será menor a 2 segundos, lo cual mejorará sustancialmente la percepción del servicio.
- Los terminal registrados en la red 4G de la CNT EP, experimentan una disminución importante de su tasa de transmisión de datos, al momento que dicho terminal recibe o realiza una llamada de voz. Durante la llamada de voz, la tasa de transmisión contratada, disminuye de 20 Mbps a 5 Mbps en promedio, afectando de esta manera la percepción de usuario. Con el despliegue de VoLTE, la tasa de transmisión contrata por los usuarios 4G, no sufrirá ninguna afectación durante la ejecución de llamadas de voz.
- Es necesario considerar, que la evolución de redes móviles, implicará también el cambio de un elemento muy importante dentro de la comunicaciones celulares, vinculo esencial entre el usuario final y el Core de la red. Este es el denominado módulo de identificación de usuario, más conocido como SIM card, que ha debido

cambiar su perfil eléctrico para poder adaptarse a las nuevas tecnologías. Su equivalente en redes UMTS se denomina USIM o UICC. Para el caso de VoLTE, se prevé que el perfil eléctrico de dichas tarjetas, deberá también ser modificado para adaptarse al despliegue de este servicio.

- A pesar de que VoLTE, se encuentra aún en etapa de desarrollo y experimentación en muchos países, se vislumbra como la tecnología dominante para las comunicaciones vocales de alta calidad, lo cual da a entender que la mejor decisión a tomar por parte de un operador y en este caso particular la CNT EP, es el de concentrar sus esfuerzos en el despliegue y la implementación de dicho servicio.
- De un análisis comparativo entre los servicios OTT y VoLTE, se concluye que VoLTE es la tendencia futura más adecuada para la prestación de servicios de voz sobre IP. Con VoLTE, los terminales móviles y la red, deben realizar un procedimiento de registro e integración, para con ello minimizar los efectos negativos del retardo de paquetes y jitter, durante una comunicación. En cambio con OTT, el retardo de paquetes y jitter, varían constantemente pues no existe priorización del tráfico de voz.
- VoLTE está ganando poco a poco terreno en varios países del mundo; los últimos lanzamientos comerciales de los servicios por parte de operadoras líderes en el mercado de las telecomunicaciones, tales como T-Mobile y AT&T, han hecho que VoLTE se convierta rápidamente en la principal prioridad de despliegue para el resto de operadores.

RECOMENDACIONES

- En base de expuesto en el presente proyecto, se recomienda a al CNT EP, la implementación un Core basado en arquitectura IMS, que le permita la prestación integral de servicios, independientemente del acceso que utilice (2G, 3G, LTE, POTS, GPON, ADSL, WiFi, WiMax, Internet, CDMA450, etc.); con lo cual podrá brindar servicios convergentes de datos y video, y el posterío desligue del servicios VoLTE.
- Considerando que a la fecha de elaboración de este proyecto, los operadores Claro (Conecel) y Movistar (Otecel) has desplegué también sus redes LTE; se recomienda a la CNT EP, que la implementación de la arquitectura IMS y el despliegue de servicio VoLTE, sean considerada como una prioridad a corto y mediano plazo respectivamente; pues la implementación de estos servicios, le permitirá ser un diferenciador frente a su competencia.
- Respecto al marco regulatorio de las telecomunicaciones del país, es recomendable que la CNT EP, en conjunto con el ente regulador local ARCOTEL, analicen las posibles modificaciones que requerirá la reglamentación actual, para permitir sin perjuicio alguno, el despliegue de servicios todo IP, tales como IMS y VoLTE.
- Como un aspecto de continuidad para el presente proyecto, se recomienda el estudio, análisis e implementación de servicios de comunicaciones enriquecidas (RCS); puesto que mediante este tipo de plataformas, se podrá utilizar de manera eficaz y eficiente, todo el potencial de servicio disponible en IMS.

REFERENCIAS

- 3GPP. (03 de 2012). *3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Circuit Switched (CS) fallback in Evolved Packet System (EPS); Stage 2 (Release 10)*. Obtenido de <http://www.qtc.jp/3GPP/Specs/23272-a70.pdf>
- 4G Americas. (03 de 11 de 2014). *LTE Deployment Status. Latín America*. Obtenido de www.4gamerica.org
- Agusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent, O. . (2010). *LTE: Nuevas Tendencias en Aplicaciones Móviles*. España: Fundación Vodafone España.
- Agusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent, O. (2010). *LTE: Nuevas Tendencias en Aplicaciones Móviles*. España: Fundación Vodafone España.
- Alcatel. (05 de 06 de 2008). *Alcatel-Lucent 5020 MGC-8 Mediagateway y Controller / Release 6.4*. Obtenido de Directory of Instruction Manuals and User Guides: <http://www.manualsdir.com/manuals/33729/alcatel-lucent-5020-mgc-8.html?page=4>
- Alcatel. (06 de 07 de 2014). *Alcatel-Lucent Converged Telephony Server Release 11.1*. 2014 Alcatel-Lucent. All rights reserved.
- Alcatel. (07 de 09 de 2014). *ALCATEL-LUCENT SUBSCRIBER DATA MANAGER RELEASE 4.3*. Obtenido de http://alcatel-lucent.com/wps/portal/!ut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd4w3dnTRL8h2VAQADYR9IA!!?LMSG_CABINET=Solution_Product_Catalog&LMSG_CONTENT_FILE=Products/Product_Detail_000555.xml#tabAnchor4
- Alcatel Lucent. (2009). *Alcatel-Lucent End-to-End/IMS Solution/Bringing IMS and the Internet together*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww3.alcatel-lucent.com%2Fwps%2FDocumentStreamerServlet%3FLMSG_CABINET%3DDocs_and_Resource_Ctr%26LMSG_CONTENT_FILE%3DBrochures%2FOct_2011_End_To_End_4G_LTE_So

- ARCOTEL. (2015). *Detalle-mensual-y-anual-de-radiobases-por-tecnología-por-operador-y-por-provincial*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/biblioteca/>
- ARCOTEL. (2015). *Servicio de Telefonía Móvil*. Obtenido de <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/telefoniamovil>
- ARCOTEL, N. (23 de 04 de 2015). *ARCOTEL monitorea la red LTE de la CNT*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/arcotel-monitorea-la-red-lte-de-cnt/>
- ARCOTEL-Estadísticas. (2015). *Detalle-mensual-y-anual-de-radiobases-por-tecnología-por-operador-y-por-provincial*. *ARCOTEL marco del 2015*. . Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/biblioteca/>
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2015). Ley Orgánica De Telecomunicaciones. Registro Oficial N° 439. En A. N. Ecuador.
- BELLEVue, W. (12 de 03 de 2015). *4G Americas*. Obtenido de Fin de 2014: Casi 500 millones de conexiones LTE en el mundo: <http://www.4gamericas.org/es/newsroom/press-releases/fin-de-2014-casi-500-millones-de-conexiones-lte-en-el-mundo/>
- Boman, K. (11 de 2001). *Ericsson*. Obtenido de aSIP-Access Security for IP-Based Services: http://www.3gpp.org/FTP/tsg_sa/WG3_Security/TSGS3_21_Sophia/Docs/PDF/S3-010640.pdf
- Brahima, S. (2014). The World in 2014. *ICT FACTS AND FIGURES*, 3.
- Caliz, C. (2014). Una revolución en la comunicación móvil se aproxima en la región: La voz sobre la tecnología LTE (VoLTE). *Publicación Ericsson*.
- Camarillo, G. (2006). *The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS). Merging the Internet and the Cellular Worlds. Second Edition*. England: John Wiley & Sons, Ltd.
- Castro, F. (2011). *LAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA MÓVIL Y SU IMPACTO SOCIOECONÓMICO EN CHILE*. Santiago de Chile.
- Cevallos, C. (04 de 2013). Análisis de Nuevos Servicios Convergentes para CNT E.P.

- Chimbo, M. (2012). *Análisis de la Propuesta de Evolución de Redes 3G y su Convergencia a la Tecnología 4G para Redes de Telefonía Móvil*. Cuenca.
- CNT EP. (2015). Presentación Estructura Tecnología CNT EP.
- CNT EP. (2010). SERVICIOS AVANZADOS DE VOZ EN LA RED MOVIL. Quito.
- CNT EP. (2010). TECNOLOGÍAS 3G WCDMA / HSPA +. Quito.
- CNT, E. (2014). Plan Estratégico Empresarial CNT EP 2014-2018. Quito.
- CONATEL. (2002). Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado. Resolución No 071-03-CONATEL-2002.
- CONATEL. (2002). Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado, Resolución No. 498-25-CONATEL-2002.
- CONATEL. (2009). REGULACION CENTROS DE INFORMACION Y APLICACIONES EN RED DE INTERNET. Quito.
- CONATEL. (12 de 12 de 2012). Resolución N° TEL-804-29-CONATEL_2012 de fecha 12 de diciembre del 2012. Quito, Pichincha.
- Csóka, T., Lackovič, M., Šafranka, M. (s.f.). Obtenido de <http://files.gamepub.sk/SPSS/zadania/zadanie2%20NGN.pdf>
- Díaz, J. (2014). *Análisis de tráfico de voz sobre IP (VoIP) en redes LTE*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Duré, C. (22 de 07 de 2014). *CORE IMS: Convergencia Tecnológica de Redes Móviles*. Obtenido de <https://prezi.com/6fnf00ex2ss7/core-ims-convergencia-tecnologica-de-redes-moviles/>
- Edadmovil. (05 de 2012). Obtenido de Arquitectura IMS: <https://edadmovil.wordpress.com/casos-de-desarrollo/implementacion-ims/arquitectura-ims/>
- Edadmovil. (05 de 2012). *Edadmovil*. Obtenido de Funcionamiento IMS: <https://edadmovil.wordpress.com/casos-de-desarrollo/implementacion-ims/funcionamiento-ims/>
- Empresa Nacional de Telecomunicaciones S.A., ENTEL. (s.f.). *Consumo de Datos*. Obtenido de <http://www.entel.cl/consumo-de-datos/>

- Gallego, D., Cabrera, J. (11 de 2009). *Desarrollo de ontologías para su uso en perfiles de usuario en el entorno IMS*. Recuperado el 2015, de slideshare :
<http://es.slideshare.net/jhonnycho/desarrollo-de-ontologias-para-su-uso-en-perfiles-de-usuario-en-el-entorno-de-ims>
- Guinand, C. E. (2012). *Planificación de una Red LTE con la Herramienta Atoll y Análisis Del Impacto De Las Estrategias de Packet Scheduling*. Catalunya, España.
- Higuera, N., Vidales, M. (23 de 10 de 2013). *Voz móvil de alta definición*. Obtenido de Think Big: <http://blogthinkbig.com/voz-movil-de-alta-definicion/>
- Huawei. (2008). *GSM/UMTS SoftSwitch Core Network Principle*.
- Huawei. (2010). *IMS Network Architecture. White Paper*.
- Huawei. (28 de 02 de 2013). *MSOFTX3000 V200R010C00 - Function Description*. Huawei Technologies Co., Ltd. 2012. All rights reserved.
- Huawei. (20 de 10 de 2014). *Full HD Voice*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.huawei.com%2Flink%2Fen%2Fdownload%2FHW_377700&ei=acaEVevdOMzbsATZkorYDA&usg=AFQjCNF-APlvReYdKObl0KiTi0Ia2QwirQ
- Huawei. (30 de 06 de 2014). *HUAWEI ATS9900 Advanced Telephony Server V100R006C10 - Product Description*. Shenzhen, China: Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.
- Huawei. (30 de 06 de 2014). *HUAWEI CSC3300 Call Session Controller V100R010C10- Product Description*. Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.
- Huawei. (25 de 02 de 2014). *HUAWEI HSS9860 Home Subscriber Server V900R008C30 - Product Description*. Huawei Technologies Co., Ltd. 2014. All rights reserved.
- Huawei. (2015). *Productos Huawei*. Obtenido de Huawei:
<http://huawei.com/es/products/core-network/singlecore/gu-cs/index.htm>
- Huawei Technologies. (2014). *Propuesta Técnica. Confidencial Document*. Huawei.

- Huawei Technologies Co., L. (2008). GGSN9811 Gateway GPRS Support Node V900R007 Product Description. . Huawei Technologies Co., LTD. .
- Huawei Technologies Co., L. (2008). GSM/UMTS Soft Switch Core Network Principle.
- Huawei Technologies Co., L. (2009). GGSN9811 Gateway GPRS Support Node. Huawei Technologies Co., LTD.
- Huawei Technologies Co., L. (2009). GSM-R SGSN9810 Product Description. Huawei Technologies Co., LTD.
- Huawei Technologies Co., L. (2011). *Productos Huawei*. Obtenido de www.huawei.com
- Huawei, T. (2011). CSFB Solution.
- Huawei, T. (2014). Service Flows for Huawei CSFB Solution.
- Huawei, T. (2014). Technical Description Basic Call VoLTE.
- Huawei, T. (2014). Presentación Core de Voz para CNT para brindar la funcionalidad de Circuit Switching Fall Back .
- Huawei, T. (11 de 2014). Propuesta Técnica, Huawei IMS.
- Huawie. (2013). LTE Architecture and Key Technologies. HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.
- Huckridge, A. (02 de 2008). *IMS-From Network Deployment to Service Delivery./Volume 3/* . Obtenido de <https://andyhuckridge.files.wordpress.com/2012/02/qos-in-ims-figure-1.jpg>
- Iquall, N. (05 de 2014). *LTE*. Obtenido de www.iquall.net
- Lescuyer,P. , Lucidarme,T. (2008). *Evolved Packet Sistem (EPS)- The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- López, N. (2011). *EFEECTO DE LAS REDES DE CUARTA GENERACIÓN (LTE) EN LOS SERVICIOS MÓVILES EN CHILE*. Santiago de Chile.
- Magedanz, T. (2006). *IP Multimedia System (IMS) - Principles, Architecture and Applications* . Obtenido de http://www.tilb.sze.hu/tilb/targyak/NGM_TA011_1/FOKUS-IMS-Tutorial-public.pdf

- Marcano, D. (2014). *IP Multimedia Subsystem/ Capítulo 7 QoS y Seguridad IMS*.
Obtenido de ATEL ASESORES C.A:
http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/images/documentos/seccion_telecomunicaciones/IMS/Capitulo%207%20QoS%20y%20Seguridad.pdf
- Milla, R. (09 de 2006). IP Multimedia Subsystem - Convergencia total en IMS.
- Millán, R. (2012). *CONSULTORÍA ESTRATÉGICA EN TECNOLOGIAS DE LA COMUNICACIÓN Y LA INFORMACIÓN*. Obtenido de VoLTE (Voice over Long Term Evolution): <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/volte.php>
- Multiservice Forum. (2011). MSF VoLTE Interoperability Event 2011, Multivendor testing in global LTE & IMS Networks.
- Myers, D. (19 de 05 de 2014). *VoLTE fuels 37% year-over-year growth in Q1 carrier VoIP and IMS market; Alcatel-Lucent rises to top*. Obtenido de <http://www.infonetics.com/pr/2014/1Q14-Service-Provider-VoIP-and-IMS-Market-Highlights.asp>
- News, I. (2013). *ITU News, N°22*. Obtenido de Teléfonos móviles: ya son casi 7.000 millones : <https://itunews.itu.int/es/3780-Telefonos-moviles-ya-son-casi-7000-millones-br-Tenemos-casi-todos-un-telefono.note.aspx>
- Pachón de la Cruz, A. (2004). *Evolución de los sistemas móviles celulares GSM*. España: Universidad Icesi-I2T.
- QUALCOMM. (02 de 2009). *QUALCOMM Incorporated - LTE Release 8 and beyond*. Obtenido de http://www.3g4g.co.uk/LTE/LTE_Pres_0902_Qualcomm.pdf
- Qualcomm, E. (2012). *Circuit-switched fallback. The first phase of voice evolution for mobile LTE device*. Obtenido de <https://www.qualcomm.com/#/documents/circuit-switched-fallback-first-phase-voice-evolution-mobile-lte-devices>
- Ramos, D. (24 de 05 de 2014). *VoLTE, ¿próxima revolución de la telefonía?* Obtenido de Siliconnews: <http://www.siliconnews.es/2014/05/24/volte-proxima-revolucion-de-la-telefonía/>
- Rankin, J., Costaiche, A., Zeto, J., O'neil, K. (2014). *Validating VoLTE- A Definitive Guide to Successful Deployments*. USA: W. Agoura Road Calabasas.
- Sandvine, I. B. (2015). *Voz sobre LTE (Voice over LTE): Retos y oportunidades*.

- Segarra, R. (09 de 2009). Estudio y Diseño de un Backbone IP Multimedia Subsystem (IMS) para Proporcionar Servicios de Datos Multimedia en la Zona Norte de Quito. EPN.
- Shapira, Y. (2013). *LTE Downlink OFDMA*. Obtenido de ExploreGate:
https://www.exploreGate.com/video.aspx?video_id=53
- Signals Research Group . (08 de 10 de 2014). *VoLTE Performance Analysis- An independent benchmark study of AT&T's VoLTE network*. Obtenido de [http://www.signalsresearch.com/Docs/VoLTE%20Conference%20-%20SRG%20Presentation%20\(SRG%20Website%20Edition\).pdf](http://www.signalsresearch.com/Docs/VoLTE%20Conference%20-%20SRG%20Presentation%20(SRG%20Website%20Edition).pdf)
- Sood, N. (2010). *Network Architecture Evolution - Alcatel Lucent - RU INDIA*. Obtenido de https://www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/Events/2010/NGN-India/S2_Naveen_Sood.pdf
- SPIRENT. (09 de 2013). *Application Note, Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC) Testing Using Spirent CS8 Interactive Tester*. Obtenido de http://www.spirent.com/~media/Application%20notes/Mobile/Single_Radio_Voice_Call_Continuity_Application-Note.pdf
- Supertel, R. I. (2012). Infraestructura del Servicio Móvil Avanzado en los últimos 5 años. *Publicacion SUPERTEL, N° 16*, 6-10.
- Tafazoli, R. (21 de 11 de 2013). *ETSI FUTURE MOBILESUMMIT, WHY 5G?* Obtenido de http://docbox.etsi.org/workshop/2013/201311_futuremobilesummit/03_uniofsurrey_tafazolli.pdf
- Technologies, H. (2012). *UMTS OVERVIEW*.
- Tendencias21. (04 de 03 de 2013). *TENDENCIAS21*. Obtenido de El número de abonados a la telefonía móvil se acerca a los 7.000 millones:
http://www.tendencias21.net/El-numero-de-abonados-a-la-telefonía-movil-se-acerca-a-los-7-000-millones_a15880.html
- Velo, J. (21 de 02 de 2013). *VoLTE, el próximo gran salto de la telefonía móvil*. Obtenido de hipertextual: <http://hipertextual.com/archivo/2013/02/volte-nuevo-estandar/>
- Vergara, M. (2013). *Rutina de Prueba en al tecnología LTE empleando el "Wireless Test Manager"*. Mexico.

Vergara, M. (2013). *Tecnologías Celulares with Description Ver X2.01*. Mexico.

Verma, N. (2015). *Voice and video calling over LTE: Exploring new voice opportunities for operators*. Obtenido de <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-voice-and-video-calling-over-lte.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

Agusti, R., Bernardo, F., Casadevall, F., Ferrús, R., Pérez, J., Sallent, O. . (2010). *LTE: Nuevas Tendencias en Aplicaciones Móviles*. España: Fundación Vodafone España.

Gallego, D., Cabrera, J. (11 de 2009). *Desarrollo de ontologías para su uso en perfiles de usuario en el entorno IMS*. Recuperado el 2015, de slideshare : <http://es.slideshare.net/jhonnycho/desarrollo-de-ontologias-para-su-uso-en-perfiles-de-usuario-en-el-entorno-de-ims>

Lescuyer, P. , Lucidarme, T. (2008). *Evolved Packet Sistem (EPS)- The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS*. England: John Wiley & Sons Ltd.

Rankin, J., Costaiche, A., Zeto, J., O'neil, K. (2014). *Validating VoLTE- A Definitive Guide to Successful Deployments*. USA: W. Agoura Road Calabasas.

Segarra, R. (09 de 2009). Estudio y Diseño de un Backbone IP Multimedia Subsystem (IMS) para Proporcionar Servicios de Datos Multimedia en la Zona Norte de Quito. EPN.

Sood, N. (2010). *Network Architecture Evolution - Alcatel Lucent - RU INDIA*. Obtenido de https://www.itu.int/ITU-D/asp/CMS/Events/2010/NGN-India/S2_Naveen_Sood.pdf

Verma, N. (2015). *Voice and video calling over LTE: Exploring new voice opportunities for operators*. Obtenido de <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-voice-and-video-calling-over-lte.pdf>

GLOSARIO DE TERMINOS

| | |
|----------|---|
| 2G | Segunda Generación |
| 3,5G | Generación 3,5 |
| 3G | Tercer generación |
| 3GPP | Third Generation Partnership Project |
| 4G | Cuarta generación |
| A | |
| AAA | Authentication, Authorization and Accounting |
| AAC-ELD | Advanced Audio Codec – Enhanced Low Delay |
| A-BCF | Access border control function |
| A-BGF | Access border gateway function |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| AKA | Authentication and Key Agreement |
| AMC | Codificación y Modulación adaptativa |
| AMPS | Advanced Mobile Phone System |
| AMR-WB | Adaptative Multi Rate Wideband |
| APN | Nombre de punto de acceso |
| ARCOTEL | Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones |
| AS | Servidores de aplicación |
| ATCA | Advanced Telecommunications Computer Architecture |
| ATCF | Acces Transfer Control Function |
| ATGW | Access Transfer Gateway |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| AuC | Authentication Center |
| AUTN | Authentication Token |
| AV | Authorization vector |
| AWS | Advanced Wireless Service |
| B | |
| BG | Border Gateway |
| BGCF | Border Gateway Control Function |
| BICC | Bearer Independent Call Control |
| BRA | Basic Rate Access |
| BRI | Basic Rate Interface |
| BSC | Base Station Controller |
| BSS | Base Station Subsystem |
| BTS | Base Transceiver Station |
| C | |
| CAMEL | Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic |
| CAP | Camel Application Part |
| CCF | Charging Collection Function |
| CDMA | Code División Multiple Access |

| | |
|----------|--|
| CDMA WLL | Code Division Multiple Access Wireless local loop |
| CDR | Call Detail Records |
| CEPT | Conference of European Postal and Telecommunications |
| CG | Charging Gateway |
| CK | Cipher Key |
| CN | Core Network |
| CNT EP | Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública |
| CONATEL | Consejo Nacional de Telecomunicaciones |
| CS | Conmutación de Circuitos |
| CSCF | Call State Control Function |
| CSFB | Circuit Switched Fallback |
| D | |
| DNS | Domain Name Server |
| DSL | Digital subscriber line |
| E | |
| EATF | Emergency access transfer function |
| E-CSCF | Emergency-call session control function |
| EDG | Enhanced Data Rate for GSM Evolution |
| EIR | Equipment Identify Register |
| EMS | Element Management System |
| eNB | evolved NodeB |
| ENUM | Telephone Number Mapping |
| EPC | Evolved Packet Core |
| EPS | Evolved Packet System |
| eSRVCC | enhanced Single Radio Voice Call Continuity |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| E-UTRAN | Evolved- UMTS Terrestrial Radio Access Network |
| F | |
| FDD | Frequency Division Duplex |
| FDMA | Frequency Division Multiple Access |
| FTTx | Fiber to the x |
| G | |
| GERAN | GSM EDGE Radio Access Network |
| GGSN | Gateway GPRS Support Node |
| GMSC | Gateway MSC |
| GPRS | General Packet Radio System |
| GSM | Global System for Mobile Communication |
| H | |
| HARQ | Hybrid Automatic Repeat Request |
| HD | High Definition |
| HLR | Home Location Register |
| HSDPA | High Speed Downlink Packet Access |
| HSPA | High Speed Packet Access |

| | |
|----------|---|
| HSPA+ | High Speed Packet Access Plus |
| HSS | Home Subscriber Server |
| HSUPA | High-Speed Uplink Packet Access |
| I | |
| I-BCF | Interconnection border control function |
| I-BGF | interconnection border gateway function |
| I-CSCF | Interrogating CSCF |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| iGWB | iGateway Bill |
| IK | Integrity Key |
| IMEI | Internacionales de Equipos Móviles |
| IM-MGW | IP Multimedia Media Gateway |
| IMPI | IP Multimedia Private Identity |
| IMPU | IP Multimedia Public Identity |
| IMS | Internet Multimedia Subsystem |
| IM-SSF | IP Multimedia Service Switching Function |
| IN | Intelligent Network |
| IP | Internet Protocol |
| IP-SM-GW | IP Short Message Gateway |
| ISDN | Integrated Services for Digital Network |
| ISIM | IMS Subscriber Identity Module |
| ISP | Public Service Identity |
| ITU | Unión Internacional de Telecomunicaciones |
| IVR | Interactive Voice Response |
| L | |
| LTE | Long Term Evolution |
| M | |
| MAA | Multimedia Authentication Answer |
| MAR | Multimedia Authentication Request |
| ME | Mobile equipment-Terminal móvil |
| MGCF | Mobile Gateway Control Function |
| MGCP | Media Gateway Control Protocol |
| MGWs | Media Gateway |
| MIMO | Multiple Input Multiple Output |
| MM | Mobility Management |
| MME | Mobility Management Entity |
| MMS | Multimedia Messaging Service |
| MMTel-AS | Multimedia Telephony – SA |
| MO | Mobile Originated |
| MoIP | Multimedia over IP |
| MPLS | Multiprotocol Label Switching |
| MPS | Multimedia Priority Service |

| | |
|----------|---|
| MRF | Multimedia Resource Function |
| MRFC | Multimedia Resource Function Controller |
| MRFP | Multimedia Resource Function Proccesor |
| MS | Estación Móvil |
| MSC | Mobile Switching Center |
| MSISDN | Mobile Station ISDN Number |
| MSS | MSC server) |
| MT | Mobile Terminated |
| MVNO | Movil Virtual Network Operator |
| N | |
| NAI | Network Address Identifier |
| NAS | Non-Access Stratum |
| NE | Network Element |
| NGN | Next Generation Networking |
| NMS | Network Management System) |
| NP | Portabilidad Numérica |
| NSAPI | Identificador del Punto de Acceso al Servicio de la capa de red |
| NSS | Network and Switching Subsystem |
| NTM | Nordic Mobile Telephone |
| O | |
| OCS | Sistemas de Online Charging |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiple Access |
| OSA-SCS | Open Service Access-Service Capability Server |
| OTT | Over-the-top |
| P | |
| PCC | Policy and Charging Control |
| PCEF | Policy and Charging Enforcement Function |
| PCRF | Policy and Charging Rules Function |
| PCS | Personal Communication System |
| P-CSCF | Proxy CSCF |
| PCU | Packet Control Unit |
| PDF | Policy Decision Function |
| PDN | Packet Data Network |
| PDP | Packet Data Protocol |
| P-GW | Packet Data Network Gateway |
| PLMN | Public Land Mobile Network |
| PON | Passive optical network |
| POTS | Plain Old Telephone Service |
| PPS | Servicio de Prepago |
| PRA | Primary Rate Access |
| PRI | Primary Rate Interface |
| PS | Conmutación de Paquetes |
| PSTN | Public Switched Telephone Network |

| | |
|-----------|--|
| Q | |
| QAM | Quadrature Amplitude Modulation |
| QCI | Identificador de clase de QoS |
| QoS | Quality of Service |
| R | |
| RAM | Red de Acceso de Radio |
| RAND | Random Challenge |
| RCS | Rich Content Suite |
| RCS-e | Rich Content Suite enhanced |
| RDSI | Red Digital de Servicios Integrados |
| RNC | Radio Network Controller |
| RNS | Radio Network Systems |
| RSVP | Resource Reservation Protocol |
| RTC | Red telefonica comutada |
| RTCP | Real Time Control Protocol |
| RTP | Real Time Protocol |
| S | |
| SAA | Server Assignment Answer |
| SAE | System Architecture Evolution |
| SAR | Server Assignment Request |
| SBC | Session border controller |
| SCC | Service Centralization and Continuity |
| SCC AS | Service Centralization and Continuity Application Server |
| SC-FDMA | Single Carrier- Frequency Division Multiple Access |
| SCP | Session Control Point |
| S-CSCF | Serving CSCF |
| SCTP | Stream Control Transmission Protocol |
| SDP | Session Description Protocol |
| SG | Switching Gateway |
| SGSN | Serving GPRS Support Node |
| SGW | Serving Gateway |
| SIG | Service Inspector Gateway |
| SIGTRAN | Signaling Transport |
| SIM | Módulo de Identidad del Subscritor |
| SingleSDB | Subscriber Database |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SIP AS | SIP Application Server |
| SLF | Subscription Locator Function |
| SMS | Short Message Service |
| SM-SC | Short Message Service Center |
| SRVCC | Single Radio Voice Call Continuity |
| SRVCC IWF | Single Radio Voice Call Continuity Interworking Function |
| SS7 | Signalling System No. 7 |

| | |
|----------|--|
| SSP | Service Switching Point |
| STP | Signaling Transfer Point |
| T | |
| TACS | Total Access Communication System |
| TD-CDMA | Time Division-CDMA |
| TDM | Time Division Multiple |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| TISPAN | Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks |
| TUP | Telefonía de Uso Público |
| U | |
| UAA | User Authorization Answer |
| UAR | User Authorization Request |
| UDA | User-Data-Answer |
| UDR | User Data Request |
| UE | User Equipment |
| UICC | Universal Integrated Circuit Card |
| UIM | User Identity Module |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System |
| UPCC | Unified Policy and Charging Controller |
| URI | Uniform Resource Identifier |
| USIM | UMTS Subscriber Identity Module |
| UTRAN | UMTS Terrestrial Radio Access Network |
| V | |
| VIG | Video Interworking Gateway |
| VLR | Visitor Location Register |
| VoBB | Voice over Broadband |
| VoIP | Voice over IP |
| VoLTE | Voice over LTE |
| W | |
| WAN | Wide Area Network |
| WAP | Wireless Application Protocol |
| W-CDMA | Wideband CDMA |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access |
| X | |
| XRES | Expected Response |

ANEXOS

Anexo 1

- Plataformas ATCA – Equipamiento HUAWEI.



ATCA System Specifications

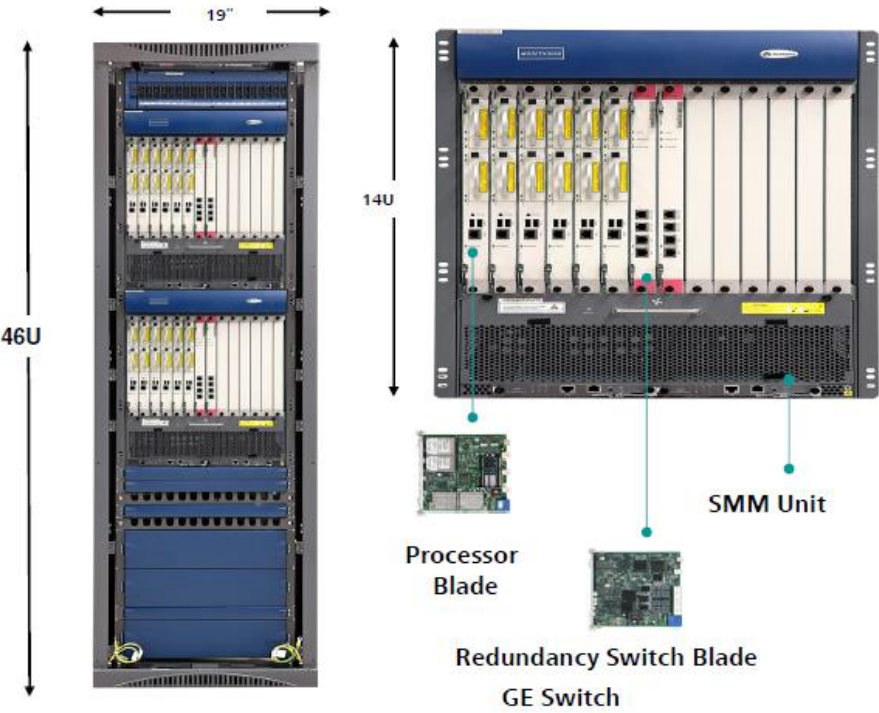
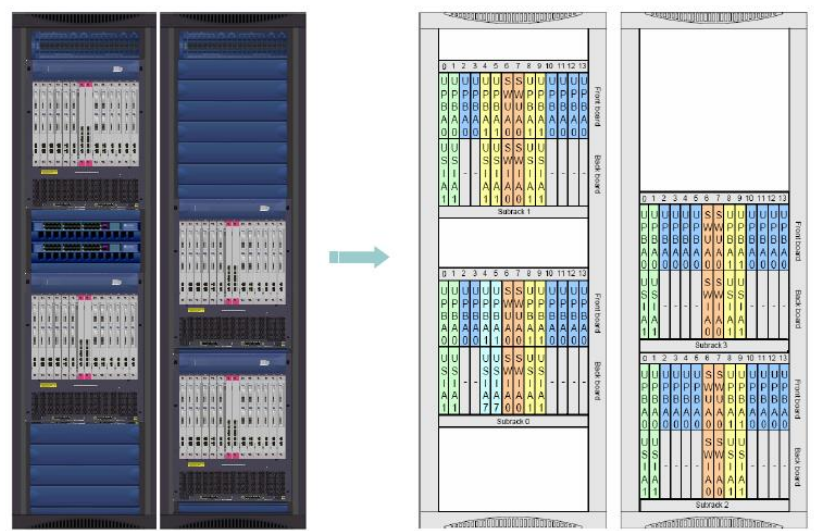
Full Configuration View



12M Subs 0.96 m²
30M BHCA 0.7 kW / M sub

| | |
|---|------------------------|
| Cabinets/Subracks in Max. configuration | 2/4 |
| Dimension (W × D × H) | 600mm × 800mm × 2200mm |
| Foot print | 0.48 ×2=0.96 Sq Mts |
| Maximum Power consumption | 8.5 KW |
| Power consumption per M sub | 0.7 KW |

Overall System



- **Core IMS**

The CSC3300 uses an N68E-22 cabinet. The exterior, specifications, and components of an N68E-22 cabinet are described as follows:

- An N68E-22 cabinet has 46U (1U = 44.45 mm = 1.75 inches) free space. The cabinet consists of the power distribution box (PDB), OSTA 2.0 subrack, cable trough, filler panel, and rack. Modules inside the cabinet can be flexibly configured.
- An N68E-22 cabinet is supplied with -48 V DC power, which complies with the standards of IEC 297.

Figure 5-1 shows an N68E-22 cabinet.

Figure 5-1 N68E-22 cabinet



Subrack

There are 14 slots in the front and 14 slots in the rear of a subrack. Front boards and back boards are installed in the slots in pairs. Switching unit (SWU) and switching interface unit (SWI) boards are installed in slots 6 and 7, with SWU boards in the front and SWI boards at the rear. Universal process blade (UPB) boards are installed in slots 0-5 and slots 8-13.

Two shelf management module (SMM) boards and two shelf data module (SDM) boards are located in pairs at the bottom of the subrack, with SMM boards in the front and SDM boards at the rear.

Figure 5-2 and Figure 5-3 show the front view and rear view of an OSTA 2.0 subrack, respectively.

Table 9-1 lists the performance specifications of the CSC3300.

Table 9-1 Performance specifications

| Networking | Performance Specifications | |
|---|---|--|
| Co-located P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, and MRFC | Maximum number of subscribers supported | 10 million |
| | Maximum processing capability | 20 million busy hour session attempts (BHSA) |
| | Maximum number of concurrent sessions | 800,000 erlang |
| Co-located I-CSCF and MRFC | Maximum number of channels | 100,000 |
| | Maximum processing capability | 450,000 BHSA |
| Standalone P-CSCF | Maximum number of | 10 million |

| Networking | Performance Specifications | |
|--|---|-----------------|
| Standalone BCF | subscribers supported | |
| | Maximum processing capability | 20 million BHSA |
| | Maximum number of concurrent sessions | 500,000 erlang |
| Standalone I-CSCF | Maximum number of subscribers supported | 10 million |
| | Maximum processing capability | 20 million BHSA |
| | Maximum number of concurrent sessions | 200,000 erlang |
| NOTE BCF: border control function I-CSCF: interrogating-CSCF MRFC: multimedia resource function controller P-CSCF: proxy-CSCF S-CSCF: serving-CSCF | | |

- MSC

Description

As carrier demands on circuit switched (CS) voice services decrease, mobile broadband (MBB) services emerge, and competition in over-the-top (OTT) services increases, carriers want a large-capacity softswitch that can be deployed either as a standalone server or in a pool that covers multiple areas.

With five subracks in two cabinets, the MSOFTX3000 can serve a maximum of 20,000,000 subscribers and process up to 50,000,000 busy hour call attempts (BHCA) in Huawei standard traffic model. In addition, the MSOFTX3000 has been enhanced to provide more powerful performance while being much easier to operate and maintain. The enhancement includes but is not limited to the following:

- Link performance
- Configuration table size
- O&M capability of performance measurement tasks, configuration, alarms, call detail records (CDRs), tools, and upgrade

The MSOFTX3000 also provides network-level and network element (NE)-level solutions to ensure reliable services, maintenance, and data loading.

To achieve network-level reliability, deploy the MSOFTX3000 in an MSC Pool so that it can perform the following:

- Implement the SCTP multi-homing service on the link layer so that it can automatically switch to another available link if faults occur on one link.
- Periodically initiate Bidirectional Forwarding Detection (BFD) to monitor whether faults occur on an IP path on bearers with the media gateway (MGW). If faults occur on an IP path, the MSOFTX3000 can initiate the fast reroute (FRR) service to switch to another route.
- Manage MSC Pool resources and broadcast messages and perform automatic dual-active checks on the software layer.

In addition, the MSOFTX3000 supports flow control services, such as HTR, Paging Control in Busy Hour, and hotline dialing flow control, and the home location register (HLR)/service control point (SCP)/short message center (SMC) bypass service. These services ensure that the peer equipment operates correctly.

To achieve NE-level reliability, the MSOFTX3000 can perform the following:

- Switch between the active and backup MSOFTX3000s.
- Implement load balancing.
- Monitor the hardware and communication and take preventive measures for faults.
- Manage and isolate the faulty hardware if faults occur.
- Locate faults.

In addition, the MSOFTX3000 supports flow control services, such as flow control on MSRN and messages over the A/Iu interface. These services ensure that the MSOFTX3000 operates correctly.

With its hardware and software working together, the overall availability of the MSOFTX3000 is up to 99.9999%.

- **HSS**

Subrack

The HSS9860 uses OSTA 2.0 subracks, which are ATCA-compatible. Figure 2-2 shows an OSTA 2.0 subrack.

Figure 2-2 OSTA 2.0 subrack



The OSTA 2.0 subrack has the following features:

- The OSTA 2.0 subrack is 14 U (1 U = 44.45 mm = 1.75 in.) high and 19 in. (1 in. = 25.4 mm) wide. It can be installed in a standard 19-inch wide cabinet.
- The OSTA 2.0 subrack provides 14 vertical slots, which allow 14 front boards and 14 back boards to be installed.
- The OSTA 2.0 subrack is configured with a dual-star high-speed backplane, which provides dual-star buses such as the Intelligent Platform Management Bus (IPMB), service data bus, power bus, and clock bus. The boards and modules are interconnected by using the buses provided by the backplane, thereby reducing the number of cables used between boards and modules.

6.1 Performance Specifications

Table 6-1 lists the performance specifications of the HSS9860.

Table 6-1 HSS9860 performance specifications

| Item | Specifications |
|--|---|
| Maximum number of subscribers supported | <ul style="list-style-type: none">• GSM and UMTS networks: 60 million dynamic subscribers or 100 million static subscribers• EPS networks: 70 million subscribers IMS networks: 20 million subscribers• GSM, UMTS, and EPS networks: 50 million dynamic subscribers or 70 million static subscribers• GSM, UMTS, EPS, and IMS networks: 20 million subscribers |
| Bearer networking modes supported | <ul style="list-style-type: none">• IP networking• TDM networking• TDM/IP hybrid networking |
| Maximum number of 64 kbit/s TDM links supported | 11,776 |
| Maximum number of 2 Mbit/s TDM links supported | 736 |
| Maximum number of SCTP links supported | 11,776 |
| Maximum number of Diameter links supported | 512 |
| Maximum processing speed for commands from the provisioning system (in full configuration) | 10,000 commands/second |

6.2 Reliability Specifications

Table 6-2 lists the reliability specifications of the HSS9860.



NOTE

The reliability specifications apply only if the HSS9860 uses the redundancy solution.

Table 6-2 Reliability specifications of the HSS9860

| Item | Specifications |
|--|-------------------|
| System repair rate | $\leq 0.3\%$ |
| Availability | $\geq 99.9999\%$ |
| Fault detection rate | $> 95\%$ |
| Mean time to repair (MTTR) | < 1 hour |
| Mean time between failures (MTBF) | 1151027 hours |
| Service interruption time of each upgrade or expansion | < 10 seconds |
| Average service interruption time in a year | < 30 seconds |
| Duration from system power-on to service ready | ≤ 8 minutes |
| Success rate of switchovers to redundancy components | $> 95\%$ |
| Board switchover duration | ≤ 10 seconds |

- ATS

1.2 Benefits

1.2.1 IMS Solution

Large Capacity and High Integration

The IMS has a large capacity and features high integration.

Table 1-1 lists the system capacity of the ATS9900.

Table 1-1 System capacity of the ATS9900

| Parameters | Description | Remarks |
|---|------------------------------------|---|
| Maximum number of common subscribers | 10,000,000 | None |
| Maximum number of Centrex subscribers | 4,000,000 | None |
| Maximum ordinary-session processing capability (BHSA) | 24,000,000 | This parameter is measured based on basic sessions and is equivalent to BHCA in the PSTN. |
| Maximum Centrex-session processing capability (BHSA) | 16,000,000 | None |
| Maximum hardware configuration | Three subracks (including the OMU) | One basic subrack + Two expansion subracks |

| Parameters | Description | Remarks |
|--|-------------|---------|
| NOTE <ul style="list-style-type: none"> • BHSA: busy hour session attempts • BHCA: busy hour call attempts • PSTN: public switched telephone network | | |


Anexo 2

El identificador de clase de QoS (QCI), se especifica el nivel de latencia aceptable para diferentes tipos de tráfico y es especificado en una Plantilla de Flujo de Tráfico (TFT) activada por el elemento de PCRF.

| QC I | Tipo de portador | Prioridad | Retardo de paquetes | Pérdida de paquetes | Ejemplo |
|------|------------------|-----------|---------------------|---------------------|---|
| 1 | GBR | 2 | 100 mseg | 10-2 | Llamada VoIP |
| 2 | | 4 | 150 ms | 10-3 | Llamada de video |
| 3 | | 3 | 50 mseg | | Juegos en línea (en tiempo real) |
| 4 | | 5 | 300 ms | | Transmisión de video por secuencias |
| 5 | | 1 | 100 mseg | 10-6 | Señalización IMS |
| 6 | No GBR | 6 | 300 ms | | Video, servicios basados en TCP, por ejemplo: correo electrónico, "chat", ftp, etc. |
| | | | | | |
| 7 | | 7 | 100 mseg | | 10-3 |
| 8 | | 8 | 300 ms | 10-6 | Video, servicios basados en TCP, por ejemplo: correo electrónico, "chat", ftp, etc. |
| 9 | | 9 | | | |

Anexo 3

- Solución y Equipamiento ALCATEL LUCENT.



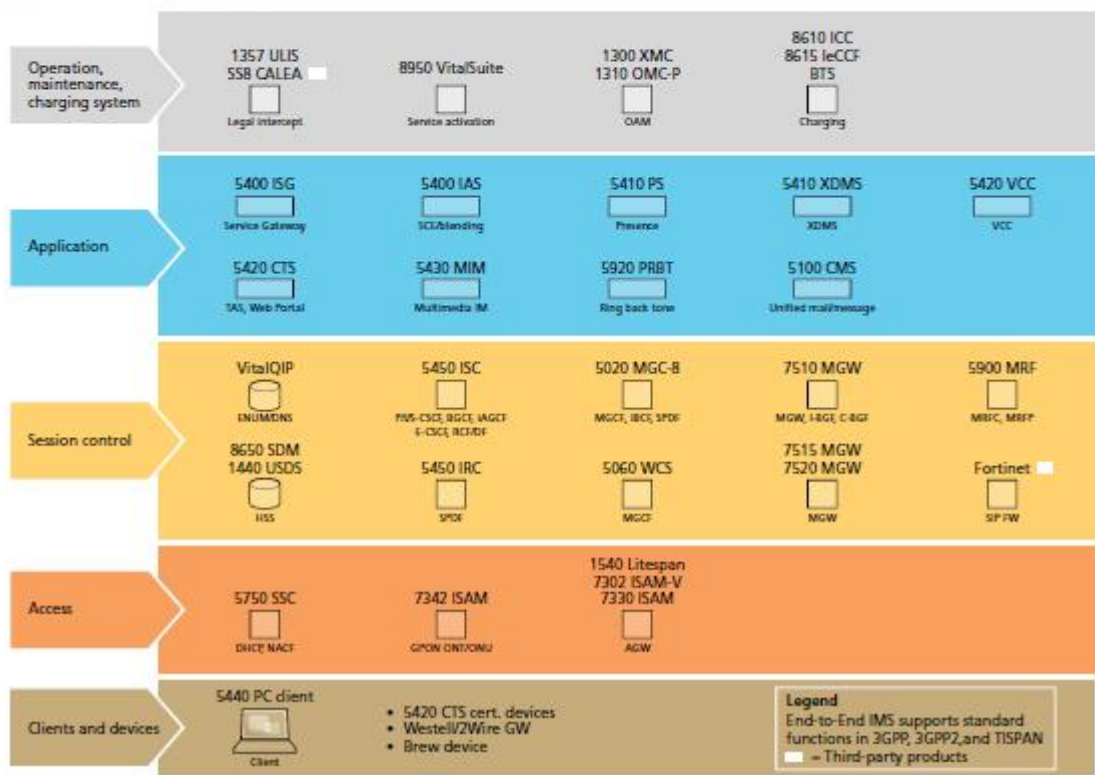
The end-to-end IMS environment

Service Creation Environment

For service delivery, Alcatel-Lucent proposes an IMS and Web 2.0 Service Creation Environment (SCE) in which operators can deliver, aggregate and manage converged communications services for subscribers, regardless

of networks or devices. The solution enables VoIP, fixed-mobile convergence (FMC) and personalized blended services with a common platform strategy, providing subscribers with a consistent user experience with multiple sessions across diverse access methods.

Figure 2. Alcatel-Lucent E2E IMS elements

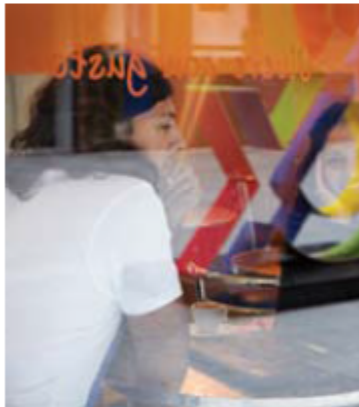


ALCATEL-LUCENT 5450 IP SESSION CONTROLLER

RELEASE 23.0

As an Important component of the Alcatel-Lucent IMS Communications Solutions, the Alcatel-Lucent 5450 IP Session Controller (ISC) manages SIP-based sessions for voice, video and data communications over any SIP-based wireline or wireless device and over traditional access devices. The Alcatel-Lucent 5450 ISC is built on a platform common to many other components of the Alcatel-Lucent IMS portfolio: the open, modular and scalable Alcatel-Lucent Control Platform (LCP). The Alcatel-Lucent 5450 ISC is also a key component of the Alcatel-Lucent decomposed border architecture and the Alcatel-Lucent 5060 IP Border Controller-4 (IBC-4), securing access network borders with a highly scalable solution that enables the separation of media and control resources.

The Alcatel-Lucent 5450 ISC integrates several key control functions – Call Session Control Function (CSCF), IP border control, and Access Gateway Control Function (AGCF) for control of TDM endpoints through H.248 access gateways (AGWs) – into one product. The Alcatel-Lucent 5450 ISC is fully standards-based, supports geo-redundancy for carrier-grade reliability, and runs on Advanced Telecommunications Computing Architecture (ATCA[®]) and HP ProLiant BL460c Gen8 Server Blade platforms.

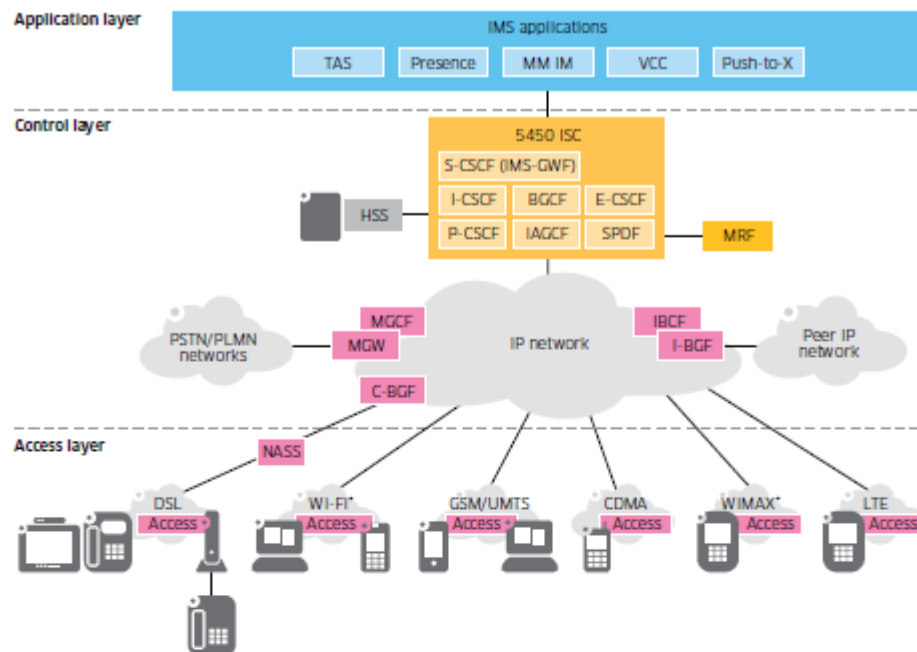


FEATURES

- Provides all IMS standards-based CSCFs from a single product (Proxy CSCF [P-CSCF], Interrogating CSCF [I-CSCF], Serving CSCF [S-CSCF] and Emergency CSCF [E-CSCF])
- P-CSCF supports the 3GPP Access Transfer Control Function (ATCF) to enhance the access transfer from packet switch access (such as LTE) to circuit switched access.
- Supports Breakout Gateway Control Function (BGCF) for selection of the appropriate Media Gateway Control Function (MGCF) to provide Public Switched Telephone Network/Public Land Mobile Network (PSTN/PLMN) breakout
- Provides the TISPAN-defined AGCF using H.248 to control gateways supporting legacy endpoints
- Offers Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networks (TISPAN) compliance for P-CSCF, including enhancements to support Network Attachment Subsystem (NASS) and Resource and Admission Control Subsystem (RACS)
- Supports IMS roaming
- Supports online charging with IMS Gateway Function (IMS-GWF)

BENEFITS

- Multiple IP Multimedia Subsystem (IMS) functions in a single product reduce the number of network elements, resulting in capital expenditure (CAPEX) savings
- Common CSCFs for any type of wireline and wireless access device enable converged service providers to simplify network operations, resulting in reduced operating expenditures (OPEX)
- Supports a family of decomposed and integrated border control architectures, providing deployment flexibility, scalability and enhanced support for services beyond voice
- Functional scalability allows service providers to increase their capacity by adding blades and chassis
- Flexible hardware and software architectures allow various deployment types, from large-scale for large networks to cost-effective, scaled-down variants for smaller networks or trials
- Support of geo-redundancy for carrier-grade reliability



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Capacity ATCA Molene2

- Each chassis supports 3.6 million subs for typical VoIP configurations with each session utilizing a full suite of CSCF functions (S/I/P/E-CSCF and BGCF). Two chassis may be co-located in a cabinet.

Capacity HP ProLiant BL460c Gen8 Server Blade

- Each chassis supports 6 to 9 million subs for typical VoIP configurations with each session utilizing a full suite of CSCF functions (S/I/P/E-CSCF and BGCF). Range reflects with front end distributor vs without front end distributor. Two chassis may be co-located in a cabinet.

Protocols

- IETF- and MSF-compliant SIP
- H.248
- Diameter
- IPSec
- TLS

Interfaces

- Gm
- Mw
- Mj
- Rf
- Gq
- Rx
- Ia
- Rq
- e2
- Cx/Dx
- ISC
- Mg
- Ro
- Mi

Management

- Fault management: SNMP
- Provisioning management: XML
- Performance management: XML
- Accounting management: 3GPP
- Management systems:
 - ~ 1360 Centralized Operations Manager (COM)

Reliability

- 99.999% availability

Redundancy

- 1:1 active/standby
- Supports deployment solutions that require N+k geo-redundancy

ATCA HARDWARE SPECIFICATIONS

Shelf design

- ATCA hardware: PICMG® 3.0 compliant

Dimensions and weight

ATCA cabinet

- Height: 2125 mm (83.7 in.)
- Width: 600 mm (23.6 in.)
- Depth: 600 mm (23.6 in.)
- Weight: 298 kg (657 lb) maximum equipage

Power

ATCA

- Redundant primary power supply: -48 V DC to -60 V DC nominal
- Operating range: -36 V DC to -72 V DC
- Power consumption: 1880 W to 3505 W typical (7300 W maximum)

ATCA Compliance

| AREA | COMPLIANCE |
|-------------------------------|---|
| Electromagnetic Compatibility | EN 300 386 (Public Telecommunication Network Equipment, Electromagnetic Compatibility (EMC) requirements) IEC 61000-4 (-2 Electrostatic discharges, -3 Radiated field, -4 Electrical Fast Transient, -5 Lightning surges, -6 Conducted RF signal) FCC Part 15 |
| Safety | EN 60950 (Safety of information technology equipment) UL 60950 1 ed02 CE Mark |
| Power and Grounding | ETS 300 132-2 (Equipment engineering: Power supply interface at the input to telecommunication equipment. Part 2 Operated by direct current (DC) sources) ETS 300 253 (Grounding and bonding configuration inside telecommunications centers) |
| Climate | ETS 300 019-2-3 (Operating), ETS 300 019-2-1 (Storage), ETS 300 019-2-2 (Transport) |
| Fire-resistance | Telcordia GR-63-CORE, Sections 4.2 and 5.2 |
| Seismic | ETS 300 019-2-3 |
| Acoustic | ETS 300 753 Class 3.1 |
| Eco Declaration | ECMA 370 RoHAS 6.6 China RoHAS |

HP C7000 SPECIFICATIONS

The HP BladeSystem c7000 enclosure has been evaluated against the following criteria:

- NEBS (Network Equipment Building Standards) Level 3 - GR-63-CORE and GR-1089-CORE (GR-63-CORE Issue 3, May 2006, GR-1089-CORE Issue 4, June 2006)
- Climate - ETS-300-019-1, May 1994 and ETS-300-019-2, May 1994
- CE Mark - EN-300 386
- Safety - UL 60950 (or equivalent) and IEC950/EN 60950
- EMC qualification for FCC
- Restriction of Hazardous Substances - RoHS
- China RoHS Labeling
- Waste Electronic and Electrical Equipment - WEEE Marking

HP has certified the BladeSystem c7000 enclosure with ProLiant BL460c Gen8 blades for NEBS Level 3, Earthquake Zone 4.

| AC CABINET | | AC POWER | |
|------------|-------------------------|-----------------|---|
| Height | 44U or 40U | Input voltage | 208V AC 200V to 240V AC |
| Width | 600 mm (24 inches) | Input frequency | 50 to 60 Hz — |
| Depth | 1100 mm (42 inches) | Input current | 5.06 A per input, 30.3 A per chassis at 208V AC 13.9 A per input, 83.4 A per chassis at 200V AC |
| Weight | Up to 455 kg (1002 lbs) | Input VA | 5270 VA per chassis 6311 VA per chassis |
| DC CABINET | | DC POWER | |
| Height | 44U | Input voltage | -48V DC -36V to -72V DC |
| Width | 600 mm (24 inches) | Input frequency | 35.9 A 57.3A, 75 A (max) |
| Depth | 1100 mm (42 inches) | | |
| Weight | Up to 455 kg (1002 lbs) | | |

ALCATEL-LUCENT CONVERGED TELEPHONY SERVER

RELEASE 11.1

The Alcatel-Lucent Converged Telephony Server (CTS) is a standards-based, highly scalable telephony application server compliant with IP Multimedia Subsystem (IMS) and Long Term Evolution (LTE). The CTS enables mobile and fixed service providers to differentiate their offerings with enriched high-definition voice and video experiences for business and consumer users.



Deploying the Alcatel-Lucent CTS allows service providers to stimulate further broadband growth, attract and retain high-value broadband customers, and counter ISP-based VoIP competitors. Multimedia Telephony (MMtel) and GSMA services expedite multimedia Rich Communication Suite (RCS) feature deployment in circuit mobile and LTE networks, increasing the average revenue per user.

Consumer Voice over IP (VoIP), small and medium business (SMB) services and traditional Class 5 voice services are delivered on one server; any SIP-based mobile, dual-mode or wireline user can receive service from a single application-processor pair. Service providers can launch VoIP services seamlessly with proven Alcatel-Lucent end-to-end IMS solutions. Services run smoothly, thanks to carrier-class redundancy mechanisms.

The Alcatel-Lucent CTS uses open, standards-based interfaces. A key enabler of these transformational VoIP services is the optional Personal Communication Manager (PCM) function, which makes it easy and fun for users to access and control features through a web gateway. The PCM allows users to quickly and easily define call settings, access call history and initiate calls from any PC. This promotes usage so services will become sticky, giving service providers new revenues and a competitive advantage.

By integrating New Conversation REST APIs, CTS allows the transformation of a service provider's IMS network into a platform for rapid web innovation by accelerating the time required to create additional innovative features from years

to weeks. The powerful New Conversation APIs give developers easy access to rich service provider IMS capabilities. By tapping into network capabilities such as HD voice and video, conferencing, interactive voice and rich communications, service providers and app developers can build compelling new communication-enabled apps for consumer, enterprise and vertical markets.

The Alcatel-Lucent CTS is a key element in a seamless evolution path to an LTE solution.

FEATURES

Consumer and small office/home office (SOHO) features

- Traditional calling:
 - Call barring
 - Caller ID presentation/blocking
 - Caller name
 - Call Completion Busy Subscriber (CCBS)
 - Last redial
 - Call deflect
 - Call return
- Advanced calling:
 - Calling line ID blocking until
 - Anonymous call rejection
 - Selective caller acceptance
 - Ring back tone
- Call completion:
 - Call forward (always, on busy, no answer, not reachable, unregistered)
 - Call waiting
 - Sequential ring
 - Simultaneous ring
 - Multiple devices with shared Public User Identifier (PUID)

- Leg manipulation:
 - ~ Call park
 - ~ Call hold (Music)
 - ~ Blind call transfer
 - ~ Consultative call transfer
 - ~ Three-way calling
 - ~ Six-way calling
 - ~ Push-to-conference
- Web portal services:
 - ~ Subscriber feature settings
 - ~ Call history
 - ~ Click-to-dial from call history
 - ~ Advanced HTML5 GUI for desktop PC, tablets and smartphones
- Voice mail (VM) system integration:
 - ~ Listen to VM and call rescue
 - ~ Direct dial to called party VM
 - ~ VM message waiting indication

Business features

- Business telephony:
 - ~ VPN dialing and display
 - ~ On-net and off-net calls
 - ~ Account code
 - ~ Authorization code
 - ~ Closed user group
 - ~ Least-cost routing
 - ~ On-line charging (session- and event-based)
 - ~ Visitor desk
- Telephony group:
 - ~ Call pick-up
 - ~ Distinctive ringing
 - ~ Multiline hunt group
 - ~ Call park
 - ~ Barge-in
 - ~ Busy lamp field
 - ~ Shared call appearance
 - ~ Intercom
- Customer contact management:
 - ~ Auto attendant
 - ~ Attendant console
 - ~ Queuing service
- Web portal services:
 - ~ Enterprise management, including numbering plan setup
- PBX connection:
 - ~ IP trunking
 - ~ ETSI ISDN Primary Rate Access (PRA)

Regulatory services

- Emergency service
- Carrier selection
- Local number portability

- Lawful intercept
- Malicious call trace
- Customer-originated trace

Convenience services

- Click-to-call, including Anydial plugins for Microsoft® Internet Explorer®, Mozilla® Firefox® and Google Chrome® browsers
- Phonebook integration
- Presence status integration
- Telephony service integration with Microsoft Outlook® messaging system

Fast Tracking innovation

- New Conversation APIs: OMA REST-based APIs
 - ~ Call Direction API
 - ~ Call Notification API
 - ~ Call Control API
 - ~ User Interaction API
- Self-care and Call History Simple Object Access Protocol (SOAP) APIs
- On-line web developer portal: <http://developer-ims.alcatel-lucent.com>
- Flexible business model for retail or wholesale development
- Add new features/services or customize existing features
- Reach new vertical domains and industry segments. Seize your opportunity by extending communications as a feature to industries like healthcare, security, banking, education and entertainment

BENEFITS

- Provides a single Voice, Video and Web Telephony Application Server for residential and business users
- Centralized Subscriber Database in the Home Subscriber Service (HSS) enables significant OPEX savings and service extension by sharing data with multiple application servers
- Optional PCM function provides a simplified end-user experience with self-care and Outlook® messaging system integration for all end-point types
- Highly scalable and reliable (99.999 percent) architecture, based on virtualized architecture on HP Blade System or industry-standard, efficient and powerful hardware platform: Advanced Telecommunications Computing Architecture (AdvancedTCA®)
- Fully IMS-compliant, built entirely on the IMS SIP model with open, standards-based interfaces for maximum efficiency and minimum complexity

- Generates new revenue through wholesaling capacity to resellers or excess capacity to other operators
- New Conversation APIs allow shifting of service provider's IMS from theoretical to a real platform of innovation and differentiation

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Capacity

- 10 million+ subscribers

Standards compliance

- Protocol support
 - ~ 3GPP MMTel compliance including message waiting indicator (MWI) and UI/XML Configuration Access Protocol (XCAP) interfaces
 - ~ IETF
 - ~ GSMA IR.92 and IR.94 compliance
 - ~ ETSI standards
- Product certifications
 - ~ CO operating environment, NEBS and ETSI compliant
 - ~ UL, FCC and CE
 - ~ SORM

Configuration

- Hosted on the Alcatel-Lucent Linux Control Platform (LCP), a standards-based platform running on carrier-grade ATCA hardware or on HP BladeSystem
- Hardware options
 - ~ Alcatel-Lucent ATCA V2.2 with up to 12 traffic processing blades per chassis
 - ~ HP BladeSystem® with up to 16 traffic processing blades per chassis
 - ~ Available for cabinet installation with up to two chassis per cabinet, or available shipped loose
 - ~ AC and DC power options available

Flexible architecture

- Common platform, blade, chassis and cabinet for multiple IMS network equipment
- Centralized subscriber database
- Dynamic subscriber assignment
- Wholesale support (multiple home domains)
- Flexible service partition between resellers
- Same management system for all IMS network equipment
- Virtualized architecture allowing optimized deployment, seamless growth and operational ease

ALCATEL-LUCENT SUBSCRIBER DATA MANAGER

RELEASE 4.3

The Alcatel-Lucent Subscriber Data Manager (SDM) is an efficient, next-generation converged database product that consolidates subscriber profile data from multiple networks of different types into a single, virtual data store with centralized administration, management and reporting. It supports Home Location Register/Authentication Center (HLR/AuC), IP Multimedia Subsystem (IMS) Home Subscriber Server (HSS), Long Term Evolution (LTE) HSS, Mobile Number Portability (MNP), Equipment Identity Register (EIR), and third-party application data stores.



The Alcatel-Lucent Subscriber Data Manager features data profile centralization capabilities that give service providers a platform to create the highly personalized services that customers now expect. It is a key component in service delivery environment (SDE) and service delivery platform (SDP) strategies and for the transformation to all-IP networks.

The SDM consolidates data from multiple HSSs, HLRs, MNP, and EIR functions with virtually unlimited growth using field-proven technology. Applications can be tied to shared network and management resources to avoid "dirty data" issues, and to enable more agile delivery of personalized and blended services. The SDM helps service providers monetize their networks and become more competitive.

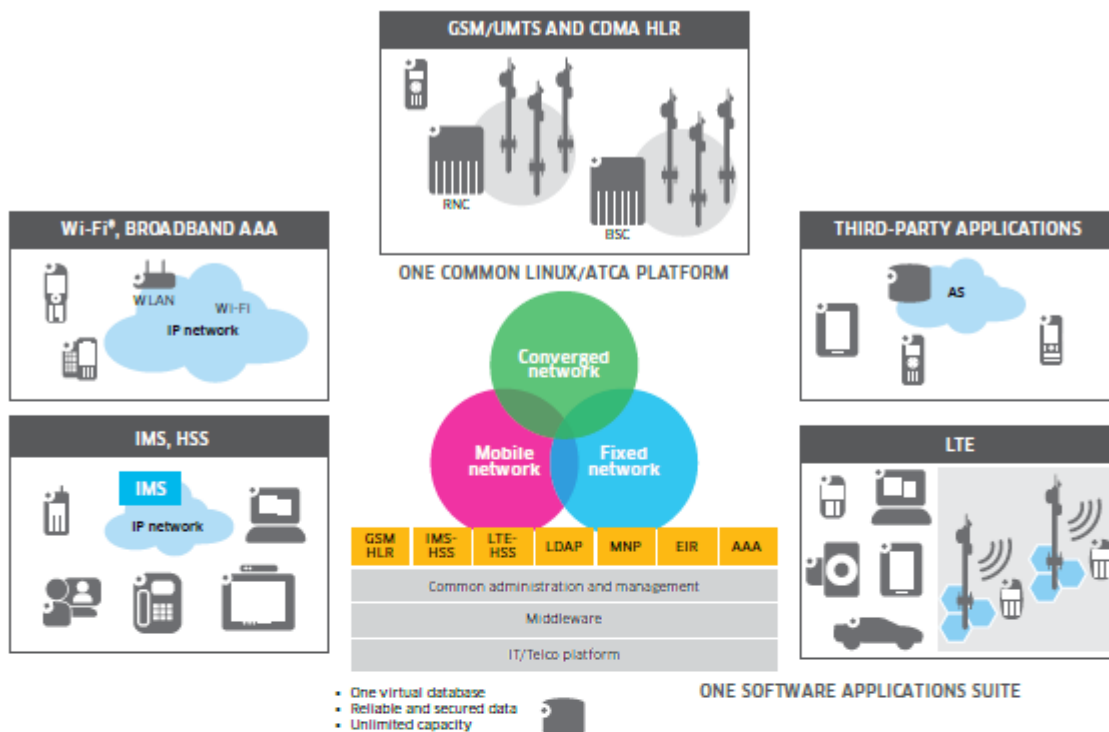
FEATURES

- Multi-tiered architecture with centralized data repository, applications, signaling, and operations, administration, maintenance, and provisioning (OAM&P)
- Simultaneous multiple applications, including HLR/AuC for Global System for Mobile/Universal Mobile Telecommunications System (GSM/UMTS) networks, and HSS for IMS and LTE networks
- Easy extension to add MNP, EIR, universal view and data federation
- Data storage with the benefits of both relational and hierarchical data structures that enable third-party applications
- Configurable local and geographic redundancy for high availability and integration into any network environment
- Critical safeguards that ensure data protection and avoid network problems

- Full standards-compliant interoperability with most major core network equipment vendors
- Web-based element management layer (EML) capabilities through an animated network topology map
- Virtually unlimited scalability with a architecture based on Bell Labs patented Index Server
- Open databases and interfaces supported on both Advanced Telecom Computer Architecture (ATCA) hardware, and on commercial-off-the-shelf HP Gen8 BladeSystem hardware

BENEFITS

- Reduces network operating expenses by simplifying network topology and providing multiple applications on just one high capacity deployment
- Consolidates multiple small databases into a single, virtual data store with centralized administration, management and reporting
- Eases future network evolution allowing application upgrades with limited impact on subscriber data
- Simplifies future capacity upgrades by separating the data from the applications, allowing capacity changes without major network changes
- Enables flexible delivery of personalized and blended services by sharing network resources across applications
- Provides an exceptionally reliable SDM platform reaching a demonstrated 99.9999 percent availability using local and geographic redundancy with commercial off-the-shelf hardware



PLATFORM CAPABILITIES

Hardware

- Support of ATCA v2
- Support of HP Gen8 BladeSystem hardware for distributed configuration
- Cost effectively scales to over 120 million subscribers in a single SDM complex (actual results may vary depending on the application and traffic load)
- Unlimited total subscriber capacity through distributed database design
- Up to 700,000 provisioning operations per hour per SDM complex
- High capacity flexible database stores subscriber data information

Architecture

- Multi-cluster architecture (distributed database) for very high capacity
- Distributed configuration with Active/Active database nodes for read operations
- Geographic redundancy in 2- or 3-site configurations
- Database checkpointing and critical level monitoring
- Architectural defenses including database switchover protections, service class prioritization, strong thread pool management, and backup for 3-site geographic redundancy with or without an external backup server
- Co-resident Application Infrastructure (HLR, IMS-HSS, LTE-HSS, MNP and EIR) on the same SDM system
- Common AuC (resource shared by all applications)
- Internal load balancing for diameter (IMS-HSS, LTE-HSS)
- Synchronized backup (for distributed environments)

Features

- Automatic Creation Policy, Rehoming
- Simple Network Management Protocol (SNMPv3) for alarms
- SIGTRAN/M2PA, SIGTRAN/M3UA
- Lightweight Directory Access Protocol (LDAPv3) access to subscriber data (read only)
- Support of multiple K4 keys
- Timestamps for subscriber activity tracking
- Subscriber Tracing
- Simple Object Access Protocol (SOAP) Configuration Manager (CM) interface for provisioning (web services through XML/http)
- Mobile virtual network operator (MVNO) support
- Machine to Machine (M2M) communications
- Third-party data storage with LDAPv3, and SDK for data profile management
- Flexible provisioning for LDAPv3 schema for single point of provisioning
- Full support of IPv6 including IPv4/IPv6 dual stacks

APPLICATION FEATURES

GSM/UMTS HLR

- Unified data scheme for sharing user data between HLR, IMS-HSS and LTE-HSS
- Location services
- Calling Name Presentation (CNAP)
- Multimedia Ring Back Tone
- OICK-TICK (first version of CAMEL OCS/TCSI)
- CAMEL Phase 3: Any Time Interrogation and Any Time Modification
- CAMEL Phase 3: VT-CSI and D-CSI handling
- Enhanced Multi-Level Precedence and Preemption (eMLPP), MAP screening
- MAP Reset per list of VLR or SGSN
- MAP screening extensions on SRI
- Multiple SIM cards
- Automatic Device Detection
- Last Calling Number (LCN)
- SMS delivery – Message Waiting Data Expiry
- HSPA/HSDPA quality of service (QoS) up to 256 Mb/s
- Network containment and blacklisting of network entities
- Feature activation based on IMSI range
- Anonymous Caller Reject (ACR) evolution (end-user triggered)
- Multi-country HLR
- CAMEL Phase 4: SMT_CSI

IMS-HSS

- Unified data scheme for sharing user data between HLR, IMS-HSS and LTE-HSS
- 3GPP compliant IMS-HSS function for managing subscriber data in IMS networks
- 3GPP enhanced IETF Diameter Protocol
- Alignment to 3GPP R11 for Voice over LTE (VoLTE)
- eSRVCC procedure for VoLTE
- User data handling including authentication, server assignment, location information, multimedia authentication, registration termination and push profile
- Flexible IMS user identity management
- MD5 and AKA authentication
- Location management
- Public service identities support
- Global service profiles for services packages
- PRSET for bulk registration
- Supports shared Initial Filter Criteria for groups of subscribers
- Supports Sh repository data and aliases repository data

LTE-HSS

- Unified data scheme for sharing user data between HLR, IMS-HSS and LTE-HSS
- Standalone S4-SGSN and combined MME/S4-SGSN support
- SLh interface support for Location Services
- EPS location query through Sh interface
- Support for VoLTE with S6a, S6d, SLh and AVPs compliant to 3GPP VoLTE specifications
- Domain deactivation capability
- Robust roaming controls, including enhanced roaming restriction lists, LTE roaming control per MME and SGSN, support for Region Subscription Zone Identify (RSZI), and Access Point Name (APN) for Public Land Mobile Network (PLMN) control

Third-party data storage

- Authentication of LDAPv3 clients, read-only access to SDM related data (HLR, IMS-HSS, LTE-HSS), access control to manage third-party applications accessing through LDAPv3
- Data integrity through database transactions for every LDAPv3 access
- Subscriber location integration
- 'On-the-fly' schema update
- Backup/restore, log services
- Reliability and capacity characteristics inherited from base platform
- LDAPv3 SDK for application development

MNP

- Compliant with 3GPP standards
- Provides Number Portability Database (NPDB) for MNP applications
- Support for both direct and indirect routing configurable per Mobile Switching Center (MSC) address
- Circular route prevention for voice and SMS through Signaling Connection Control Part (SCCP) hop counters
- Supports Signaling Relay Function (SRF) between HLR and NPDB

EIR

- Compliant with 3GPP standards
- Unified data model for EIR, HLR, IMS-HSS and LTE-HSS
- Efficient monitoring of stolen, lost, unauthorized or defective mobile devices
- EIR database with black, white, and gray lists
- Parallel, override and duplicate lists configurable
- White list bypassing configurable
- Extensive measurements, logging and reporting for IMEI checking
- EIR data access with journal files stored in encrypted format
- Connection to GSM Association IMEI database (CEIR) and sharing of IMEI data between networks
- Support for Common Object Request Broker Architecture (CORBA) and bulk provisioning